

電資類

- 表面電漿共振效應之於一對有限高度實心奈米金柱與一對有限高度殼核奈米金柱之近場光學特性研究
Study of the Near-Field Optic Properties of Surface Plasmon Resonance Effects on a Pair of Finite Height Gold Nanorod and a Pair of Finite Height Core-Shell Gold Nanorod
周趙遠鳳、鄭祺耀、楊文圳、孫郁興、蔡蕙逢、李勇昇-----1~16
- 四波道平面相位陣列幾何結構之研究
A Study on Geometric Structure of Four-Element Planar Phase Array
洪惟堯、瞿 怡-----17~36

商管類

- 團隊獎懲分配規則對團隊獎懲正義知覺的影響-探討規則預告及衝突規避價值的調節效果
The Effect of Team Reward/Punishment System on Justice Perception : Preliminary Announcement and Conflict
羅新興、王彥蓁、謝冠瑜、簡佳汝-----37~52
- 台灣餐飲業套餐菜單的規劃趨勢及營運績效提升作法
On the Trend of Set Meal Menu Planning and the Method to Promote the Performance of Catering Industry in Taiwan
林政忠-----53~74
- 品牌體驗與產品涉入對顧客滿意之影響：零散型產業為例
Effects of Brand Experience and Product Involvement on Customer Satisfaction : An Empirical Study of the Fragmented Industry
黃禎豐、林東正、蘇聖珠-----75~86

人文社會類

- 融入社會網路感知與同儕協助於自我調整學習系統之研究
The investigation of integrating social network awareness and peer assistances into the system of self-regulated learning
林建偉、莊育詩、呂慈恩-----87~102

附錄

《健行學報》徵稿辦法

學報序

《健行學報》第 33 卷第 3 期，即將在 7 月份出刊，本期論文共有電資類 2 篇、商管類 3 篇、人文社會類 1 篇通過審查，審查通過率約為 30%。感謝校內外專家學者踴躍賜稿，也感謝編輯委員及審查委員們辛苦地為《健行學報》的學術品質把關，本學報才得以如期出刊，如果沒有大家的支持，今日又如何可見《健行學報》的成長與茁壯？此皆為全校師長共同努力的結晶。

茲將本期論文內容概述於下：

電資類共收 2 篇論文，：一為周趙遠鳳、鄭祺耀、楊文圳、孫郁興、蔡蕙逢、李勇昇等六位合著之〈表面電漿共振效應之於一對有限高度實心奈米金柱與一對有限高度殼核奈米金柱之近場光學特性研究〉一文，本文旨在討論以有限元素法針對三維數值模型進行模擬分析，得出「經由數值模擬結果發現，以一對有限高度之殼核奈米金柱與入射光交互作用後之結果，對於侷域表面電漿共振於感測器與其他光電元件之應用上至為重要」的結論。另為洪惟堯、瞿怡兩位之〈四波道平面相位陣列幾何結構之研究〉，則提出一個實用可行之四波道平面相位陣列幾何結構，並以電腦模擬結果驗證其有效性。

商管類共收 3 篇論文：第一篇為羅新興、王彥蓁、謝冠瑜、簡佳汝等四位的〈團隊獎懲分配規則對團隊獎懲正義知覺的影響-探討規則預告及衝突規避價值的調節效果〉一文，探討團隊成員對於團隊獎懲採均等與貢獻分配的正義知覺是否具有差異？並且分析預告規則與否及衝突規避價值的干擾效果。第二篇則為林政忠〈台灣餐飲業套餐菜單的規劃趨勢及營運績效提升作法〉一文，本文將台灣坊間餐廳主要的套餐運用做法做一梳理，並運用零售業的商品結構分析做法，使一般人能較清楚窺探現今業界套餐規劃做法的目的以及實務上操作之經驗和成果。本文內容「頗具餐飲實務之研究價值，同時也顯示作者對於該領域之發展趨勢深具敏銳之觀察力與剖析力」。第三篇為黃禎豐、林東正、蘇聖珠等三人的〈品牌體驗與產品涉入對顧客滿意之影響：零散型產業為例〉一文，本研究嘗試以零散型產業為例，探討品牌體驗對顧客滿意之影響，並探討產品涉入之調節影響。

本期論文審查通過率為 30%

本論文「立論謹慎，且具有實務參考價值」。

人文社會收有1篇：為林建偉、莊育詩、呂慈恩等三人〈融入社會網路感知與同儕協助於自我調整學習系統之研究〉，本研究利用社會網路感知來支持自我調整學習的訓練。藉由了解同儕的社會、知識與學習活動脈絡來促進彼此溝通機會，並透過相互協助做為學習的鷹架，來維持學生的學習動機，以提升訓練效果，在議題上頗具「實用價值」。

綜上，為本期所收論文大要，歡迎校內外專家學者踴躍賜稿，本學報一年四期，採隨到隨審，雙向匿名審查制，立場客觀公正，感謝各位投稿者的愛護與支持，希望大家的努力下，《健行學報》能對學術界做出更大的貢獻！

健行學報編輯委員會謹識

中華民國102年7月

表面電漿共振效應之於一對有限高度實心奈米金柱 與一對有限高度殼核奈米金柱之近場光學特性研究

Study of the Near-Field Optic Properties of Surface Plasmon Resonance Effects on a Pair of Finite Height Gold Nanorod and a Pair of Finite Height Core-Shell Gold Nanorod

周趙遠鳳¹

Yuan-Fong Chou
Chau

健行科技大學電子系
教授

yfc01@uch.edu.tw

鄭祺耀²

Ci-Yao Jheng

健行科技大學電子系
碩士生

楊文圳³

Wayne Yang

健行科技大學電子系
講師

孫郁興⁴

Yuh-Sien Sun

健行科技大學電子系
助理教授

蔡蕙逢⁵

Hui-Feng Tsai

健行科技大學資工系
副教授

李勇昇⁶

Yung-Sheng Lee

健行科技大學資工系
講師

摘 要

在本論文中，我們以有限元素法針對三維數值模型進行模擬分析，研究一對有限高度之實心奈米金柱與一對有限高度之殼核奈米金柱之近場光學特性與表面電漿共振效應。分別探討它們的近場強度、殼核厚度、穿透率與入射波長之函數關係。除此之外，電荷分佈、電場流線、能流方向、分量電場場型及其相關應用亦於本文中加以探討。經由數值模擬結果發現，以一對有限高度之殼核奈米金柱與入射光交互作用後之結果，對於侷域表面電漿共振於感測器與其他光電元件之應用上至為重要。

關鍵詞：近場光學、表面電漿共振、有限元素法、分量電場、電場流線

Abstract

In this paper, we numerically investigate the near-field optic properties and surface plasmon resonance effects on a pair of finite height gold nanorod and a pair of finite height core-shell gold nanorod by means of finite element method with three-dimensional calculations. Numerical results of resonant wavelengths corresponding to the effects of different illumination wavelengths, thickness of core-shell, electric field components, electrical field stream lines, charge distributions, energy flow, and the core relative permittivities of a pair of finite height core-shell gold nanorod are also reported. These results are crucial in designing localized surface plasmon resonance (LSPR) sensors and other optical devices based on a pair of finite height core-shell gold nanorod interacting with an incident light.

Keywords: near-field optic, surface plasmon resonance, finite-element method, electric field components, electrical field stream lines

壹、前言

表面電漿效應 (surface plasmon effect) 是將奈米尺度下之金屬粒子視為電漿體，究其原因是因為奈米尺度下之金屬內部存有數目眾多且可以自由移動的電子(帶有定量之正、負電荷，自由分佈，且不會發生碰撞導致電荷的消失)。由於金屬的介電係數在可見光和紅外波段是負數，故當金屬和電介質組合為複合結構時會發生很多有趣的光學現象。當電磁波或光波(光波是電磁波頻段的一部份，波長約 380~790 nm)入射到金屬與介質的界面時，金屬表面的正、負自由電子會發生集體振盪的現象，若電子的振盪頻率與入射光波的頻率一致時就會產生共振效應，此時會形成電磁場被侷限(localized)在金屬表面很小的範圍內(約數十奈米)並發生電磁模式增強的特殊現象，這種現象就被稱為表面電漿子現象。此效應能夠有效地提高分子的螢光產生訊號，原子的高次諧波產生效率，以及分子的拉曼散射信號等。在宏觀的尺度上此一現象在特定波長下的金屬的透光率(transmittance)會大幅的提升。

在奈米尺度下之金屬結構中，光的特性有別於塊材 (bulk) 金屬結構，導因於在某些光波長範圍裡，經由正、負電間之電偶極子(dipole)與入射之光波所產生的表面電漿共振子的共振(surface plasmon resonance)，致使光在金屬奈米結構中耦合(coupling)，會使得電磁波的若干有趣行為和特性被顯現出來[1,2]。例如:非線性的光響應 [3]、奈米、電漿子裝置 [4,5]、奈米結構裡的局部場增強 [6]、超解析近場結構 [7]。這是因為這些結構誘使電磁場在金屬表面增強，共振波長會隨著金屬的材質、幾何外形、尺寸大小、周圍環境的不同有所改變。表面電漿效應已廣泛應用於科學研究及工業製程，嚴然已成為現代科技的重要指標。例如一種可定量的侷域表面電漿(localized surface plasmon resonance, LSPR)生物感測器及影像新系統[8]、利用奈米印痕技術製備之金奈米洞陣列來做為電化學表面電漿共振之量測[9]、以表面電漿共振之奈米洞儀器並提高光譜解析度來定量大範圍抗體-配體之結合動力學現象[10]、奈米微粒之量測科學[11]與表面電漿子太陽能電池 [12]等等。

我們的研究團隊在國際期刊中曾發表若干類似研究 [7,13-17]，其中[13] 針對二維幾何結構(只取 x, y 平面，將 z 方向的柱體高度視為無限長)之銀柱與銀殼柱之光學特性加以分析其近場光與表面電漿共振之效應，雖然得出若干有意義的結果，但由於模型過於簡化，無法得知真實三維幾何模型(即有限高度之柱體)之光學現象。故本文以三維有限元素法[18]進行模擬分析，針對一對有限高度之實心奈米金柱與一對有限高度之殼核(core-shell)奈米金柱探討其近場光學性質與表面電漿效應並加以比較分析其差異性。經由電磁波橫向磁場偏振(transverse-magnetic (TM) polarization, TM-Mode)入射後，分別探討一對實心奈米金柱與一對殼核奈米金柱之近場強度、殼核厚度、穿透率與入射波長之函數關係，除此之外，實心奈米金柱與殼核奈米金柱之電荷分佈、電場流線、能流方向、分量電場場型與相關應用，亦於本文中加以探討。

貳、理論基礎

有限元素法是在變分原理的基礎上吸收差分格式的觀念所發展起來的。採用有限元素法能保留其物理的基本性質，計算精度和收斂性能進一步得到保證。有限元素法的優點有：(1)降低實驗成本。(2)減少試驗對象的變異困難。(3)方便參數控制。(4)可獲得實驗無法獲得的資訊。

本文使用有限元素法進行模擬，有限元素法的基本觀念是，任何連續量均可用一不連續函數的型式作近似表示。此型式乃為有限區域的集合分段連續函數所組成。使用連續量的值，以定義分段連續函數在其有限數次域(subdomain)。藉由有限個內插函數方程式，表達該連續體之分析行為，此群有限個方程式之解，稱為內插近似解。即連續的數值，使用不連續的方法作近似解之優點為節省運算時間，和記憶體使用量，並加快處理速度。本文中我們將欲求之區域拆解成許多「三角形」元素。有限元網格劃分是進行有限元數值模擬分析至關重要的一步，它直接影響著後續數值計算分析結果的精確性。網格劃分涉及單元的形狀及其拓撲類型、單元類型、網格生成器的選擇、網格的密度、單元的編號以及幾何體素。從理論的角度來說有限元素法是一個求偏微分方程數值解的數值方法，一般的物理現象與定律都可以用此微分方程來求解。

本文中我們只要將待求之數值模型，將其材料之參數代入如式(1)-(2)之馬克斯威爾的波動方程式中，即可分析其光學特性。

$$\nabla \times (\epsilon_r - j\sigma / \omega \epsilon_0)^{-1} \nabla \times \vec{H} - \mu_r k_0^2 \vec{H} = 0 \quad (1)$$

$$\vec{H} = H_z \hat{e}_z, \epsilon_r = n^2 \quad (2)$$

由式(1)可分別推導出 TM 與 TE 波動方程式如式(3)-(4):

$$\text{TM 波動方程式: } \hat{e} \times (\nabla \times \vec{H}) - j\beta \hat{e} \times (\vec{H} \times \hat{e}) = 2j\omega \epsilon_0 \hat{e} \times E_0 \quad (3)$$

$$\text{TE 波動方程式: } \hat{e} \times (\nabla \times \vec{E}) - j\beta \hat{e} \times (\vec{E} \times \hat{e}) = -2j\beta \hat{e} \times (E_0 \times \hat{e}) \quad (4)$$

其中 \vec{H} 代表磁場強度， \vec{E} 代表電場強度， ϵ_r 表相對介電係數； ϵ_0 表在真空中介電係數；

k_0 表真空中之波向量； σ 表導電率； n 表折射率； μ_0 表相對磁導係數， \hat{e} 表垂直分量之單位向量。在物理學裏，感受到外電場的作用，中性原子或分子會改變其正常電子雲形狀，衡量這改變的物理量稱為極化性 (polarizability，以 α 表示，極化性的國際單位為 Cm^2V^{-1} (庫侖·米²·伏特⁻¹))，對單一柱形金屬奈米粒子而言，其電偶極矩 \vec{P} 與外加電場 \vec{E}

的關係可寫成 $\vec{P} = \alpha \epsilon_m \vec{E}$ ，其中 $\alpha = \epsilon_0 V (1 + \kappa) \left(\frac{\epsilon - \epsilon_m}{\epsilon + \kappa \epsilon_m} \right)$ 為 Clausius-Mossotti 偶極極化率

(polarizability) [14,15]， ϵ_0 表在真空中介電係數，此處 V 為奈米粒子的體積， $\epsilon = \epsilon_r + i\epsilon_i$

為金屬塊材與光頻率相關的介電函數， ϵ_m 為粒子周圍物質的介電常數， κ 則為與粒子形

狀有關的幾何因子[19]。由上式得知，在 $\epsilon + \kappa \epsilon_m$ 的條件下，外加電場造成的偶極極化率

最大。假設介電函數 ϵ (此時 ϵ 會隨著入射波長之不同而呈複數(complex)型式之改變的虛數部分會變得極小或可忽略)，則其表面電漿共振產生發生於 $\epsilon_r = -\kappa \epsilon_m$ 時。其推導過程

如下[1,20,21]:

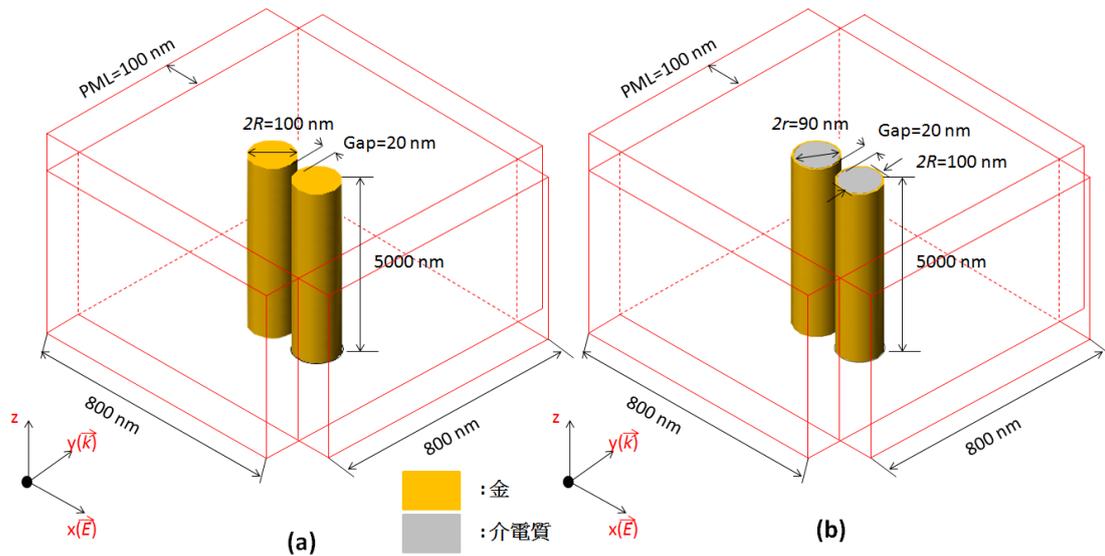


圖 1 數值模型圖: (a)一對有限高度之實心奈米金柱，高度為5000 nm，柱直徑2R=100 nm，兩金柱之間距Gap=20 nm。(b) 一對有限高度之殼核奈米金柱，金殼內填充介電質材料，其高度為5000 nm，外柱直徑2R=100 nm，內柱介電質直徑為2r=90 nm，兩金柱之間距Gap=20 nm。

由 Drude 自由電子模型，可得金屬介電函數為 $\epsilon_r = \epsilon_\infty - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}$ 。其中 $\epsilon_p = \sqrt{\frac{Ne^2}{\epsilon_0 m_e}}$ 為金屬

屬塊材的電漿頻率，N 為金屬中的電子密度， m_e 為電子質量。由此，可推得單一金屬

奈米粒子的表面電漿共振條件為亦即 $\epsilon_r \Big|_{\text{表面電漿}(SP)\text{共振時之最大值}} = \epsilon_\infty - \frac{\omega_p^2}{\omega_{SP}^2} = -\kappa\epsilon_m$ 。也就是說

$$\omega_{sp} = \frac{\omega_p}{\sqrt{\epsilon_\infty + \kappa\epsilon_m}} = \sqrt{\frac{Ne^2}{\epsilon_0 m_e (\epsilon_\infty + \kappa\epsilon_m)}} \text{ 或 } \lambda_{sp} = 2\pi c \sqrt{\frac{\epsilon_0 m_e (\epsilon_\infty + \kappa\epsilon_m)}{Ne^2}} \text{ (表面電漿共振波長)}。$$

參、數值模型、方法、模擬結果與討論

數值模型如圖1所示，圖1(a)為一對有限高度之實心奈米金柱，其高度為5000 nm，柱之直徑2R=100 nm，兩金柱之間距gap=20 nm。圖1(b)為一對有限高度之殼核奈米金柱，其高度為5000 nm，外柱金的直徑2R=100 nm，內柱介電質直徑為2r=90 nm，殼厚(D-d)為10 nm，兩金柱之間距gap=20 nm。入射光以橫磁模式(TM mode)入射，電場強度之振幅為1 V/m (伏特/米)，近場強度於兩柱間距之中心點(在座標(0,0))之位置量測，除此之外假設周圍環境被空氣(air)所環繞。模擬區域為800x800x800 nm³之三維正方體空間，為了防止電磁波抵達模擬空間邊界時之反射效應，模擬區域之四周表面以100 nm厚之完全吸收層(perfect matched layer, PML)包圍。

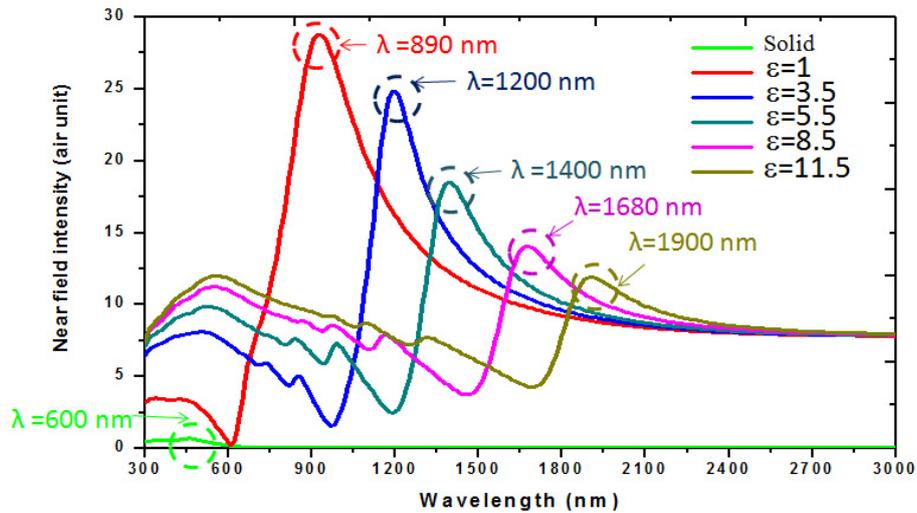


圖 2 一對實心奈米金柱與一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料)之近場強度與波長之函數關係圖，入射波長範圍： $\lambda=300\sim 3000$ nm。

首先我們針對一對有限高度之實心奈米金柱與一對有限高度之殼核奈米金柱間之近場效應加以分析比較，如圖2所示是一對實心奈米金柱與一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料，分別為 $\epsilon=1$ (空氣), 3.5, 5.5, 8.5 與 11.5)之近場強度與波長之函數關係圖。由圖2之一對有限高度實心奈米金柱近場光強度與波長之函數關係可知，其近場強度遠低於一對有限高度之殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料)的例子，且其近場強度之峰值波長出現在波長 $\lambda=450$ nm附近，當波長 $\lambda>600$ nm時其近場強度便降得很低了(如圖2之綠色實線)。反觀一對有限高度殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料)之近場強度與波長之函數關係圖，至少有兩個明顯的峰值波長出現，第一個峰值波長接近 $\lambda=500$ nm附近，第二個峰值波長與其對應之填充介電常數之關係，我們以 (ϵ, λ) 表示之(ϵ 代表填充材料之介電常數， λ 代表峰值波長)，分別為 $(\epsilon, \lambda)=(1, 900$ nm)， $(3.5, 1200$ nm)， $(5.5, 1400$ nm)， $(8.5, 1600$ nm)與 $(11.5, 1950$ nm)，我們可以看到有明顯的紅移現象產生，其峰值波長(λ)會隨著填充介電常數(ϵ)之增加而增加，而且近場強度會隨著填充介電常數之增加而減少。紅移的情況由一對實心金屬柱的峰值波長 $\lambda=450$ nm 附近紅移至一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料 $\epsilon=11.5$)之峰值波長 $\lambda=1950$ nm 附近，其紅移量達1500 nm之多，也就是說，一對殼核奈米金柱填充不同介電常數之介質對光的感應很靈敏，這是相同尺寸的一對實心奈米金柱所沒有的光學現象，由此可知，金屬奈米粒子的表面電漿共振波長(λ)除了與粒子的幾何結構有關之外，亦與其周圍物質的介電常數有關。此一特性目前廣泛被用於生化感測的應用研究上[22]。

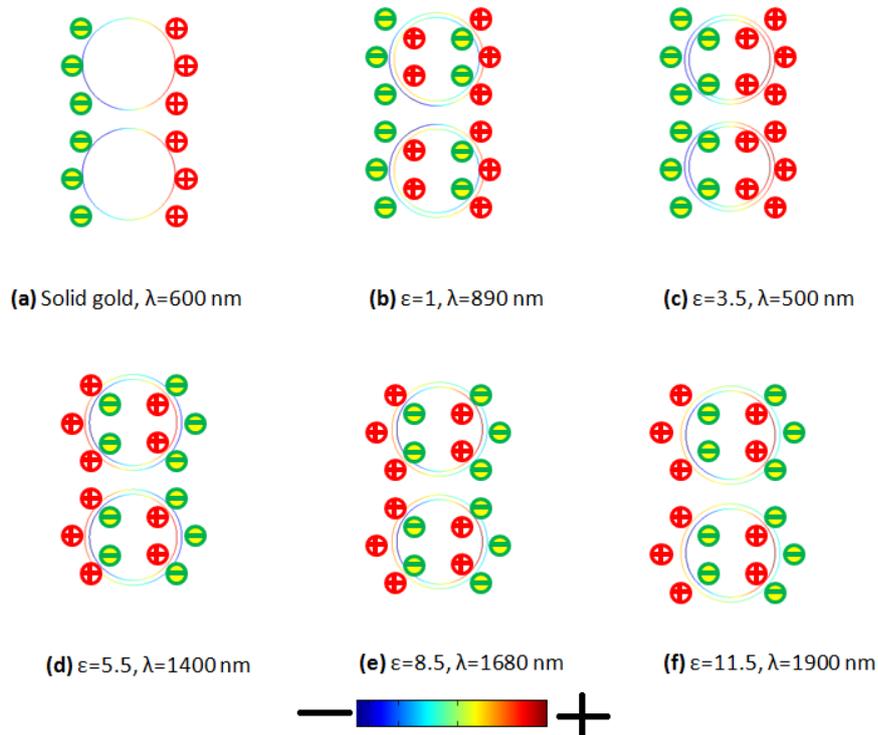


圖 3 以有限元素法計算出的各峰值波長所對應的電荷分佈圖。其中色標(color bar)之紅色代表正電荷的強度，藍色代表負電荷的強度。(a)一對實心奈米金柱與一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料)。(b)-(f)一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料分別為(b) $\epsilon=1$, (c) 3.5, (d)5.5, (e)8.5 與(f)11.5)之各峰值波長所對應的電荷分佈圖。

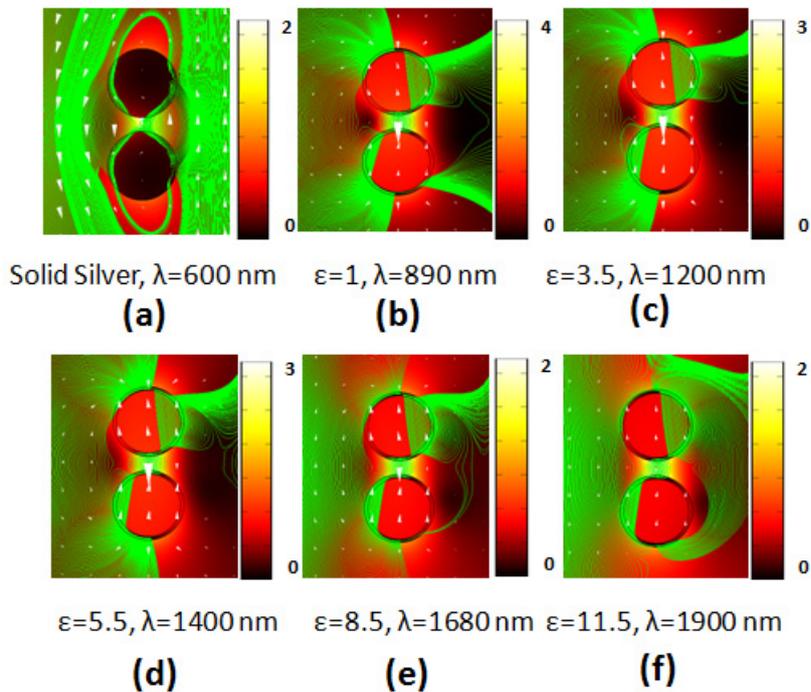


圖 4 一對實心奈米金柱與一對殼核奈米金柱在與入射光交互作用下之峰值波長所對應之場型(field pattern)示意圖。(a)一對實心奈米金柱。(b)一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料分別為(b) $\epsilon=1$, (c) 3.5, (d)5.5, (e)8.5 與(f)11.5)。(其中色標代表近場的強度，綠色線條代表電場之流線(stream line)，白色箭頭代表能流(energy flow)的方向)。

在這裡我們要解釋其紅移現象以及一對殼核奈米金柱之近場強度會隨著填充介電常數之增加而減少發生的原因，圖3是以有限元素法計算出的各峰值波長所對應的電荷分佈圖，其中色標(color bar)之紅色代表正電荷的強度,藍色代表負的強度，首先我們看一對實心奈米金柱的例子(圖3(a))，入射光由實心奈米金柱的左側入射，實心奈米金柱表面會集結正、負電子對，因而形成電偶極(dipole)對，在與入射光的共振下產生場增強的效應。圖3(b)-圖3(f)是一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料分別為(b) $\epsilon=1$ ，(c)3.5，(d)5.5，(e)8.5 與(f)11.5)之各峰值波長所對應的電荷分佈圖，由於殼核奈米金柱之金屬表面有內、外壁之分且電荷只分佈在金屬表面上，故所形成的正、負電子對分佈在內壁與外壁，不像實心奈米金柱之電荷分佈只分佈在金屬表面，造成殼核奈米金柱所產生的正、負電子對之數量要比實心奈米金柱來得多。因此一對殼核奈米金柱所產生的正、負電子對與入射光產生共振的效果必然會比一對實心奈米金柱所產生的效應來得強，如此可以解釋圖2中一對殼核奈米金柱例子之近場強度為何會比一對實心奈米金柱要來的強的原因。再者，一對實心奈米金柱的光只侷限在金屬表面，金屬內部的淨電荷為零，相較於一對殼核奈米金柱之金屬內、外表面除了有正、負電子對分佈之外，另外有介電質之極化效應，造成一對殼核奈米金柱表面光波傳遞的群速度會比一對實心奈米金柱要來的慢，這就是峰值波長紅移所造成的原因，當填充之介電常數愈大，光被介電質材料所吸收的程度愈大，除了降低傳遞速度且造成紅移外，近場光之強度也會遞減，這些現象可由圖2可清楚的看出。

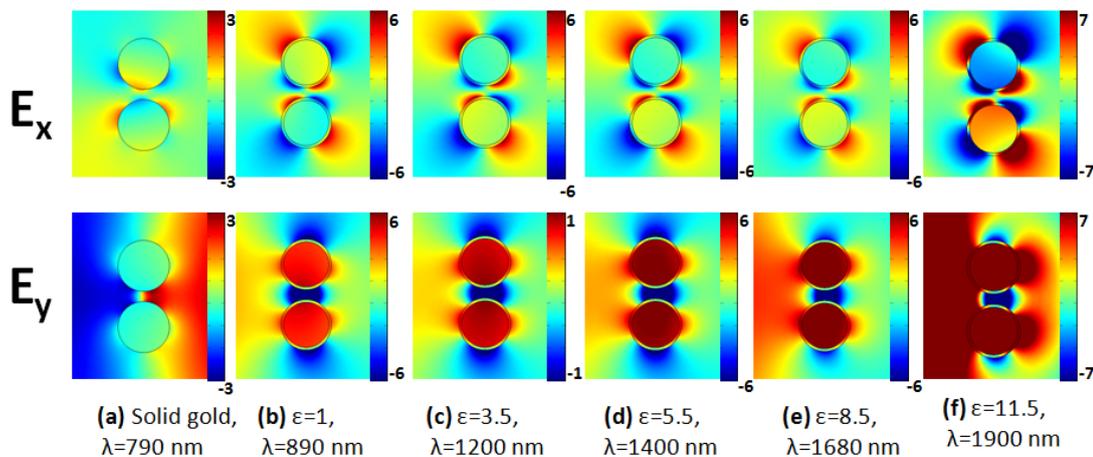


圖 5 一對實心奈米金柱與一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料) x 與 y 分量電場相對應峰值波長的場型圖(E_x , E_y 之 x - y 平面在 $z=0$ 之近場分佈圖)。(a) 一對實心奈米金柱。(b)-(f) 一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料分別為(b) $\epsilon=1$, (c) 3.5, (d)5.5, (e)8.5 與(f)11.5)。其中色標代表近場的振幅強度。

為了瞭解一對實心奈米金柱與一對殼核奈米金柱在與入射光交互作用下之場型(field pattern)之變化顯示於圖4，其中色標代表近場的強度，綠色線條代表電場之流線(stream line)，白色箭頭代表能流(energy flow)的方向。我們可以清楚的看到圖4中所有例子在間隙中央有明顯的場增強，圖4(a)中之一對實心奈米金柱之例子中電場與流線只分佈在奈米金柱之表面，而在一對殼核奈米金柱的例子中(圖4(b)-(f))，電場與流線不只分佈在金屬表面，且分佈在介電質所在的空腔或介質腔內，這是因為一對殼核奈米金柱的

金屬厚度為10 nm，非常接近金的集膚深度(skin depth)，所以利用表面電漿共振的效果，光可以穿透到一對殼核奈米金柱對的介質柱之區域內。奈米粒子因表面電漿共振效應而增强的表面電磁場不止可以用以增強拉曼訊號，也可用以增強其表面附近分子的螢光或半導體量子點的螢光(Photoluminescence,PL)[1,23,24]。Chen等人曾以一CdSe 量子點在一表面電漿共振波長約550 nm 的銀奈米稜體(nanoprism)附近時，探討其螢光在此波長的光所激發下發現近場有被增強的現象[25]，Kulakovich等人亦曾探討此一增強效應，發現與量子點與金屬奈米粒子間的耦合距離密切的關連[26]。當耦合間隙太大時，螢光增強效應不顯著。然而當耦合間隙距離接近金奈米粒子的粒徑時，耦合現象變得較明顯，因此使得量子點的螢光訊號會增強。造成此現象的原因是因為在表面電漿共振下，金奈米粒子附近的電磁場會被增強，使得此處量子點內有更多正、負電子對被激發出來，因而在其複合(recombination)時會產生更多螢光。反之當間隙距離太小時(小於5 nm)，反而會產生螢光抑制(PL quenching) 效果。此現象在文獻[27] Hsieh等人有清楚的解釋，其原因可能是因為當量子點太接近金奈米粒子時，量子點上被激發出的正或負的電子很容易進入到金奈米粒子上面，使得正、負電子對複合的機率降低，因此螢光訊號反而會下降[1,27]。此現象可以在圖6的模擬結果中得到驗證。圖6為一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料)間隙(gap)與近場強度之函數關係圖。其中間隙分別為0.5 nm,1 nm,5 nm,10 nm,20 nm,30 nm,40 nm,50 nm。我們可以清楚的得知當間隙寬度小於5 nm時，便會發生正、負電子對複合的機率的降低，因此使得量測到的近場光之訊號反而會下降。

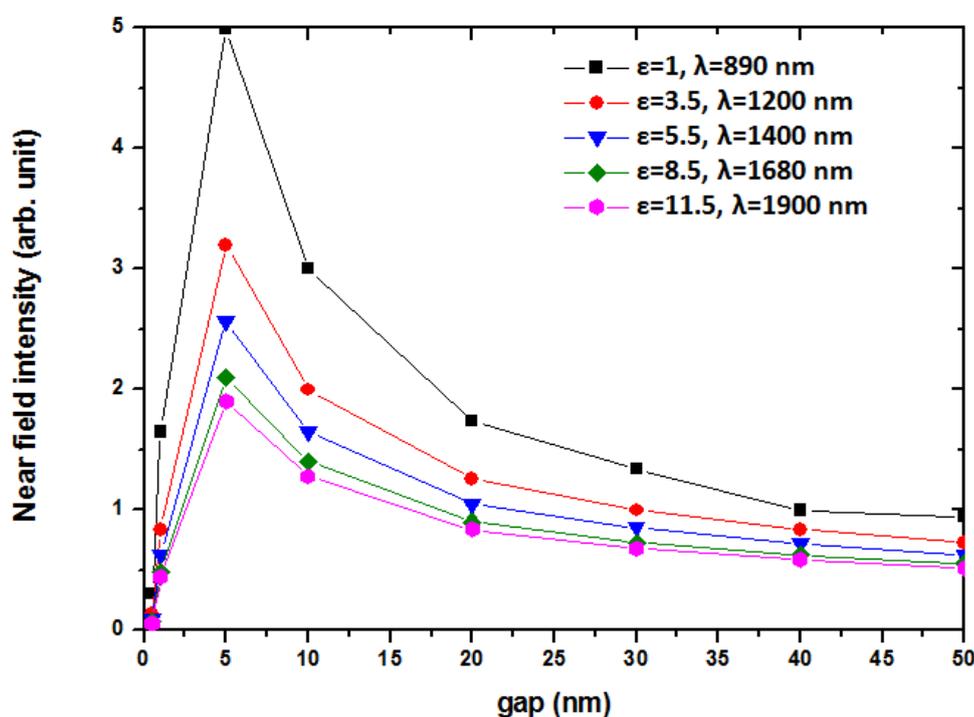


圖 6 一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料)間隙(gap)與近場強度之函數關係圖。其中間隙分別為0.5 nm,1 nm,5 nm,10 nm,20 nm,30 nm,40 nm,50 nm。

Talley等人[28]以633 nm 波長的入射光之激發下，針對幾種不同金屬奈米結構上的電場增強情形進行探討。經模擬計算得知在直徑60 nm 的實心單一金奈米球的峰值波長

在約530 nm 附近，故在633 nm 波長的光激發下，電場增強效果並不顯著。但在直徑為140 nm且殼厚為42 nm 的金奈米球殼在此一波長則有較強的電場增強效應。他們發現對於一對相鄰近的金奈米球或一對相鄰近的金奈米球殼，若電磁波電場方向垂直於粒子對的軸向，則增強效果較弱。但若電磁波電場方向平行於粒子對的軸向，則不論金奈米球或金奈米球殼，在其粒子中間皆會產生極大的電場增強效果[28]。雖然他們將一對奈米金球與入射光交互作用下所產生的電場分佈加以現象上的描述，但各分量電場之分佈行為並無詳細說明。為了更進一步了解本文所探討的一對實心奈米金柱與一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料)之電場的實際分佈，各分量電場的效應是不可忽略的，經由模擬顯示，由於 z 分量電場相較於 x 與 y 分量電場來得小許多(差一個數量級以上)，故圖 5 只顯示 x 與 y 分量電場相對應峰值波長的場型圖(E_x, E_y 之 x - y 平面在 $z=0$ 之近場分佈圖)，由此圖可以詳細了解各分量電場的傳播行為，圖5顯示一對實心奈米金柱與一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料) x 與 y 分量電場相對應峰值波長的場型圖(E_x, E_y 之 x - y 平面在 $z=0$ 之近場分佈圖)。由圖5(a)知一對實心奈米金柱的 x 分量電場(E_x)與 y 分量電場(E_y)之近場光分佈在金屬表面之侷域(localization)性顯然較殼核結構(如圖5(b)-5(f)要來的弱些，且其場型亦與殼核結構顯著不同，且呈不規則之分佈， x 分量之場強集中在靠近間隙之兩側邊緣處，間隙間並無明顯之場強分佈， y 分量電場之場強集中在間隙中間的兩側，且左右間之相位(phase)不同，間隙間並無明顯之場強分佈。接著我們觀察出如圖5(b)-5(f)圖上半部之 x 分量電場 E_x 之場強呈45度四瓣分佈且殼核內部並無明顯的場分部，其左右之場強較中間強，而 y 分量電場 E_y 呈正十字四瓣分佈且殼核內部與間隙中會有明顯的場增強現象。

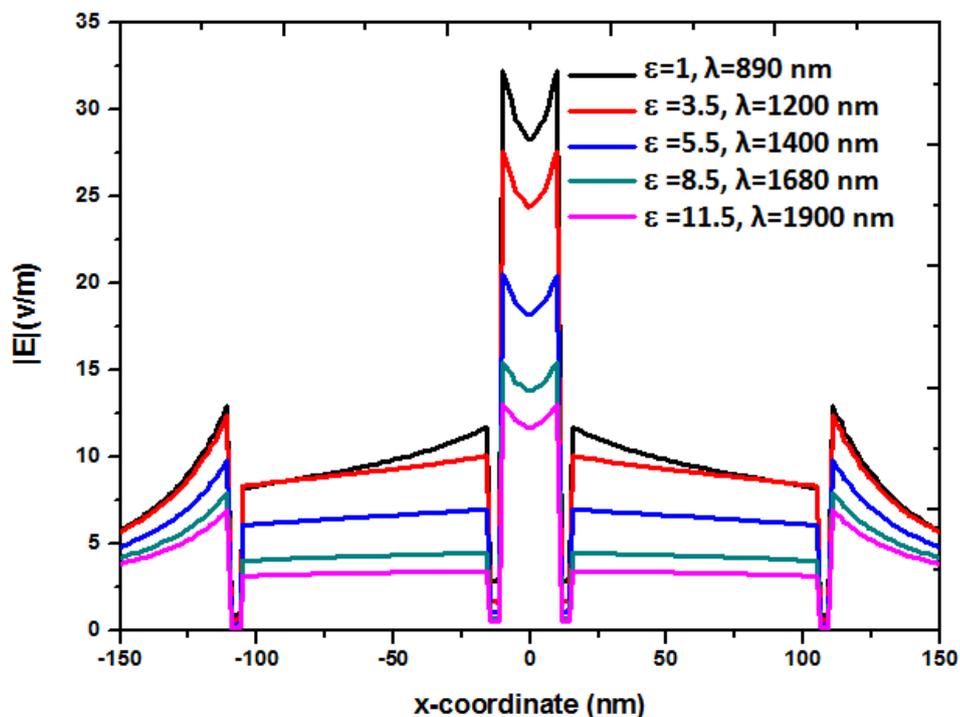


圖 7 一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料)沿著x軸(-150 nm<x<150 nm) ，在y=0，z=0平面之電場強度之模值(electric norm)。

圖7所示為一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料)沿著x軸(-150 nm<x<150 nm)，在y=0，z=0平面之電場強度之模值(electric norm)。由圖7我們可以將圖4中在間隙(gap)中央有明顯的場增強的現象加以量化，我們發現在間隙的邊緣處有邊緣場增強的效果(edge enhancement)，反而在間隙中央處所量測出的場強是在間隙區域內是最低的，另外我們觀察出殼核內部亦有場分佈，其大小會隨著殼核奈米金柱內所填充之介電質材料之介電常數之增加而減少，間隙內的電場強度亦有相同的結果，這是因為介電質對光所吸收之效應所造成的。

在兩個金屬奈米粒子(即奈米金柱)的中心點之間距(以 w 表示)接近奈米粒子的尺寸時，粒子間會有明顯的電偶極耦合(Dipolar Coupling) 效應 [1,29]。此時，奈米粒子(nanoparticle, NP)處的電場為 $\vec{E}_{NP} = \vec{E} + \frac{\vec{P}}{2\pi\epsilon_m\epsilon_0 w^3}$ (即電磁波的電場 \vec{E} 加上其鄰近奈米粒子

因電偶極矩 \vec{P} 而產生的電場)。故其偶極極化率變成 $\alpha' = \frac{\alpha}{1 - \frac{1}{2\pi\epsilon_m\epsilon_0 w^3}}$ 。若將半徑 R ，

高度 L 的圓柱形奈米粒子的體積 $V = \pi R^2 L$ 代入此式，可得

$$\alpha' = \frac{12\pi\epsilon_0 R^2 L (\epsilon - \epsilon_m)}{\epsilon(4 - \frac{6R^2 L}{w^3}) + \epsilon(8 + \frac{6R^2 L}{w^3})}$$

$$\epsilon_r \Big|_{\text{表面電漿}(SP)\text{共振時之最大值}} = -\epsilon_m \left(\frac{8(\frac{w-2R}{2R} + 1)^3 + 1}{4(\frac{w-2R}{2R} + 1)^3 - 1} \right)$$

[30]。由此可知，耦合的奈米粒子其有效的幾何因子 α 變成當兩粒子的間隙 $w - 2R$ (即奈米金柱對之間隙)比粒徑 $2R$ 大時，此一耦合效應甚弱。但是當間隙 $w - 2R$ 小於粒徑 $2R$ 時， κ (幾何因子)隨 $w - 2R$ 的減小而明顯增加，因而使得表面電漿共振波長也隨之增加，亦即產生紅移現象[29,30]。此一波長的紅移變化量亦即與會隨間隙 $w - 2R$ 與粒徑 $2R$ 的比值 $\frac{w-2R}{2R}$ 的縮小而迅速增加。隨著粒子間隙 $w - 2R$ 的減小伴隨著幾何因子 κ 的增加，

環境介電常數 ϵ_m 或環境折射率 n_m 對表面電漿共振波長的影響也隨之增加。亦即表面電漿共振波長隨環境變化的靈敏度約正比於 κ 變化。文獻[29]顯示一對耦合奈米粒子的表面電漿共振波長隨粒子間隙及不同環境折射率的變化的計算結果得知表面電漿共振波長會隨環境折射率 n_m 而變化，且其感測靈敏度會隨著粒子間距 $w - 2R$ 縮小而增加。可見當間隙 $w - 2R$ 小於粒徑 $2R$ 時，靈敏度會隨 $w - 2R$ 的減小而迅速增加。因此，在此一感測原理下，近距離耦合的奈米粒子會比分散的奈米粒子具有更高的感測靈敏度，此結果可應用於環境與生化感測上[1,29-32]。

殼厚的影響對間隙場增強的效應亦為密切，接著，我們考慮在近距離藕合的情況下，也就是間隙 $w - 2R = 20$ nm 的情況下，探討殼厚變化對峰值波長的影響。如圖8所示為一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料)在相對應峰值波長下之近場強度與殼厚之函數關係圖，殼厚之變化範圍由10 nm變化至50 nm(此為實心奈米銀柱之情況下)，此圖可明確的得知，當殼厚由10 nm遞增時間隙中所量測得到的近場強度會跟著遞減，在填充介電質的情況下，當殼厚厚達25 nm以上時，殼核奈米金柱間隙中之近場強度與實心奈米

銀柱間隙中之近場強度幾乎是相同的。

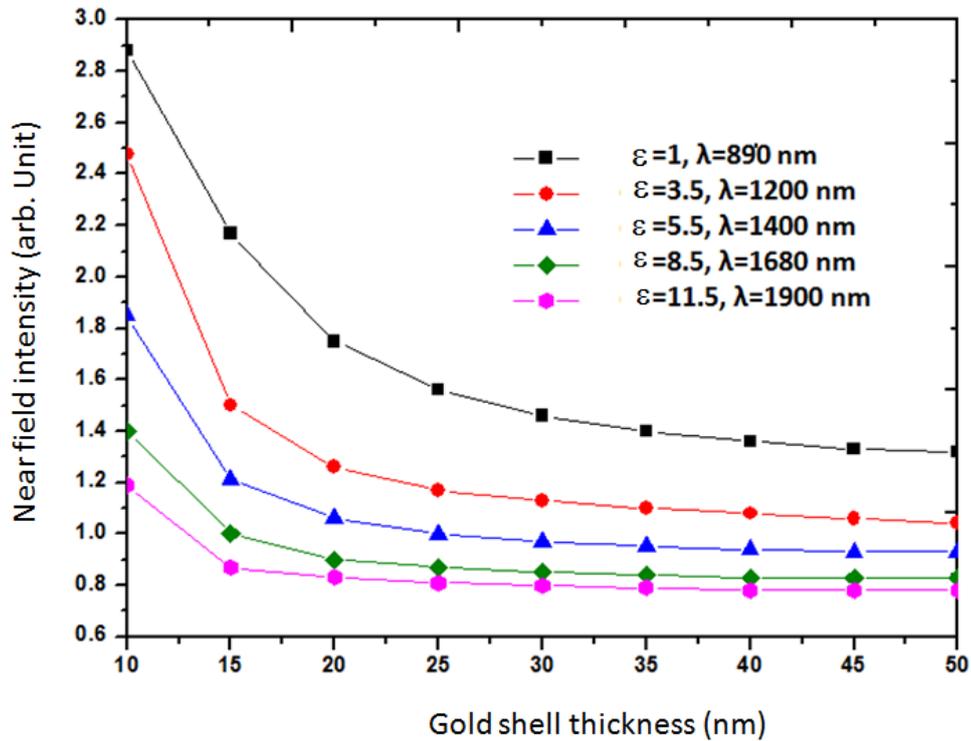


圖 8 一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料)在相對應峰值波長下之近場強度與殼厚之函數關係圖。

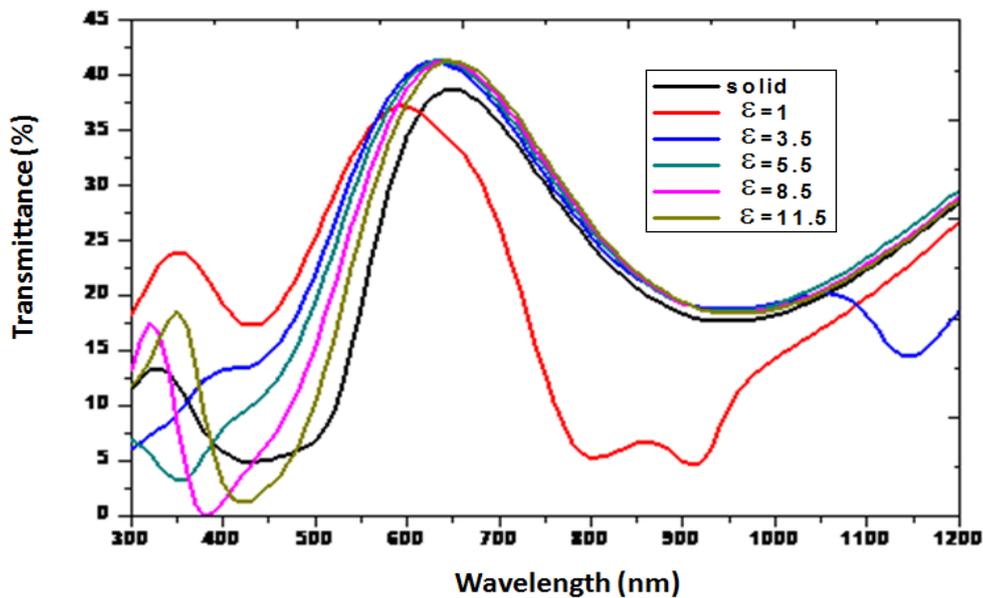


圖 9 一對實心奈米金柱與一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料)之穿透率與波長之函數關係圖。

圖 9 是一對實心奈米金柱與一對殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料)之穿透率與波長之函數關係圖。穿透率是在輸出端的 PML 層內量測，我們發現所有例子之穿透率的峰值波長集中在 $550 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$ 的可見光之區間範圍內，且會隨著填充材料的透光性程度的不同在可見光波段內呈現藍移的現象，也就是透光性愈佳(例如 $\epsilon=1$)，其藍移

現象也會愈明顯，故可利用此現象針對其穿透率的特性來對奈米檢體進行感測上之應用。

最後，我們簡短地討論此結構在製程上實現為元件之可能性，拜目前半導體製程的進步，使用多重步驟程序(Multistep Process)，即電漿體化學氣相沉積技術(Plasma Chemical Vapor Deposite, PCVD)、高速超微粒子沉積法(High Speed Ultramicon Particle Deposite Method)、氣體沉積法(Gas Deposited Method)可製備殼厚 10 nm 厚的奈米金殼柱(見參考文獻[33-35])。

肆、結論

總結而言，我們以有限元素法研究一對有限高度之實心奈米金柱與一對有限高度之殼核奈米金柱之近場光學特性與表面電漿共振效應。本文中我們簡介了金奈米粒子表面電漿共振特性，以及金奈米粒子間產生耦合時，其所產生的近場光譜變化與電磁場增強效應。模擬結果顯示由一對有限高度殼核奈米金柱(金殼內填充介電質材料)之近場強度與波長之函數關係圖中可以看到有明顯的紅移現象產生，其峰值波長(λ)會隨著填充介電常數(ϵ)之增加而增加(其紅移量達1500 nm之多)，而且近場強度會隨著填充介電常數之增加而減少。殼厚的影響對間隙場增強的效應亦為密切，當殼厚由10 nm遞增時間隙中所量測得到的近場強度會跟著遞減，在填充介電質的情況下，當殼厚厚達25 nm以上時，殼核奈米金柱間隙中之近場強度與實心奈米銀柱間隙中之近場強度幾乎是相同的。本文的結果可應用於表面電漿太陽能電池、LED發光元件、增強螢光、增強拉曼訊號、生化感測、改變周圍溫度或改變分子導電特性等等。此一領域的發展對於研究光與奈米物質間的相互交互作用極其耦合特性，以及將來應用於開發多功能的奈米組裝元件將會有重要的助益。

伍、感謝

本文感謝國科會計劃編號: NSC 99-2112-M-231-001-MY3, NSC 101-3113-P-002-021-與 NSC-100-2632-E-231-001-MY3在研究經費上的補助。

參考文獻

- [1] 曾賢德 (2010). 金奈米粒子的表面電漿共振特性：耦合、應用與樣品製作，物理雙月刊， Vol. 32(2), 126-135.
- [2] 吳民耀、劉威志 (2006). 表面電漿子理論與模擬，物理雙月刊， Vol. 28(2), 486-496.
- [3] Shalaev V. M. (2002). *Optical Properties of Nanostructured Random Media*, Ed., Springer-Verlag, Berlin.
- [4] Ohtsu M., Kobayashi K., Kawazoe T., Sangu S., and Yatsui T. (2002). Nanophotonics: Design, fabrication, and operation of nanometric devices using optical near fields. *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.* Vol. 8, 839–862.
- [5] Maier S. A., Brongersma M. L., Kik P. G., Meltzer S., Requicha A. A. G., and Atwater H. A. (2001). Plasmonics-A route to nanoscale optical devices, *Adv. Mater.* Vol. 13, 1501-1505.
- [6] Kreibig U., and Vollmer M. (1995). *Optical Properties of Metal Clusters*, Springer-Verlag, Berlin.
- [7] Chau Y.- F., Tsai D. P. (2007). Three dimensional analysis of silver nano-particles doping effects on super resolution near-field structure, *Optics Commu.* Vol. 269, 389-394.
- [8] Marc P. Raphael, Joseph A. Christodoulides, Shawn P. Mulvaney, Michael M. Miller, James P. Long, and Jeff M. Byers (2012). A New Methodology for Quantitative LSPR Biosensing and Imaging, *Anal. Chem.*, Vol. 84, 1367–1373.
- [9] Kohei Nakamoto, Ryoji Kurita, and Osamu Niwa (2012). Electrochemical Surface Plasmon Resonance Measurement Based on Gold Nanohole Array Fabricated by Nanoimprinting Technique, *Anal. Chem.*, Vol. 84, 3187–3191.
- [10] Hyungsoon I. M., Sutherland Jamie N., Maynard Jennifer A., Sang-Hyun O. H. (2012). Nanohole-Based Surface Plasmon Resonance Instruments with Improved Spectral Resolution Quantify a Broad Range of Antibody-Ligand Binding Kinetics, *Anal. Chem.*, Vol.84, 1941–1947.
- [11] Francis P. Zamborini, Lanlan Bao, and Radhika Dasari (2012). Nanoparticles in Measurement Science, *Anal. Chem.*, Vol. 84, 541–576.
- [12] Sheng X., Hu J., Jurgen Michel, and Lionel C. Kimerling (2012). Light trapping limits in plasmonic solar cells: an analytical investigation, *Opt. Express*, Vol. 20, A496-A501.
- [13] Chau Y.-F., Yeh H.-H., Tsai D. P. (2008). Near-field optical properties and surface Plasmon effects generated by a dielectric hole in a silver-shell nanocylinder pair, *Applied Opt.*, Vol. 47, 5557-5561.
- [14] Sung M.-J., Ma Y.-F., Chau Y.-F., and Huang D.-W. (2010). Plasmonic Field Enhancement in Silver Core/Silicon Protruded Nanoshell Illuminated with Light at 633 nm, *Applied Optics*, Vol. 49, 6295-6301.
- [15] Chau Y.-F., Jiang Z.-H., Li H.-Y., Lin G.-M., Wu F.-L. and Lin W.-H. (2011). Localized resonance of composite core-shell nanospheres, nanobars and nanospherical chains, *Progress in Electromagnetic Research B, PIER B*, Vol. 28, 183-199.
- [16] Chau Y.-F., Yeh H.-H., Tsai D. P. (2010). A new type of optical antenna: plasmonics

- nanoshell bowtie antenna with dielectric holes, *J. of Electromagn. Waves and appli.* Vol. 24, 1621-1632.
- [17] Chau Y.-F., Yeh H.-H. , Liao C.-C., Ho H.-F., Tsai D.-P. (2010). Controlling surface plasmon of several-pair arrays of silver-shell nanocylinders, *Applied Optics*, Vol. 49, 1163-1169.
- [18] COMSOL Multiphysics <http://www.comsol.com>.
- [19] Kreibig U., Vollmer M. (1995). *Optical Properties of Metal Clusters*, Vol. 25. Springer: Berlin.
- [20] David K. Cheng (1989). "*Field and Wave Electromagnetics*, 2nd edition, Addison-Wesley.
- [21] Jackson J. D. (1998). *Classical Electrodynamics* 3rd Edition, Wiley.
- [22] Link S. and El-Sayed M. A. (1999). Spectral Properties and Relaxation Dynamics of Surface Plasmon Electronic Oscillations in Gold and Silver Nanodots and Nanorods, *J. Phys. Chem. B*, Vol. 103, No. 40, 8410–8426.
- [23] Lin H.-Y., Huang C.-H., Chang C.-H., Lan Y.-C., and Chui H.-C. (2010). Direct near-field optical imaging of plasmonic resonances in metal nanoparticle pairs, *Opt. Express*, Vol. 18, 165-172.
- [24] Wang Z. B., Luk'yanchuk B. S., Guo W., Edwardson S. P., Whitehead D. J., Li L., Liu Z., and Watkins K. G. (2008). The influences of particle number on hot spots in strongly coupled metal nanoparticles chain, *J. Chem. Phys.*, Vol. 128, 094705.
- [25] Chen Y., Munechika K., I. Jen-La Plante, A. M. Munro, S. E. Skrabalak, Y. Xia, and D. S. Ginger (2008). Excitation enhancement of CdSe quantum dots by single metal nanoparticles, *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 93, 053106.
- [26] Kulakovich O., Natalya Strekal, and Alexandr Yaroshevich (2002). Enhanced luminescence of CdSe quantum dots on gold colloids, *Nano Lett.* Vol. 2, 1449-1452.
- [27] Hsieh Y. P., Liang C. T., Chen Y. F., Lai C. W., and Chou P. T. (2007). Mechanism of giant enhancement of light emission from Au/CdSe nanocomposites, *Nanotechnology*, Vol. 18, 415707.
- [28] Talley C. E., Jackson J. B., Oubre C., Grady N. K., Hollars C. W., Lane S. M., Huser T. R., Nordlander P., Halas N. J., (2005). *Nano Lett.*, Vol. 5, 1569-1574.
- [29] Jain P. K. and El-Sayed M. A. (2008). Noble Metal Nanoparticle Pairs: Effect of Medium for Enhanced Nanosensing, *Nano Letters*, Vol. 8, No. 12, 4347-4352.
- [30] Nath N. and Chilkoti A. (2002). A Colorimetric Gold Nanoparticle Sensor To Interrogate Biomolecular Interactions in Real Time on a Surface, *Anal. Chem.* Vol. 74, No. 3, 504-509.
- [31] Kreibig U., Vollmer M. (1995). *Optical Properties of Metal Clusters*, Vol. 25. Springer: Berlin.
- [32] 邱國斌，蔡定平 (2006). 金屬表面電漿簡介, *物理雙月刊*，Vol. 28, No. 2, 472-485.
- [33] Sardar R., Heap, T. B., Shumaker-Parry J. S. (2007). Versatile Solid Phase Synthesis of Gold Nanoparticle Dimers Using an Asymmetric Functionalization Approach. *J. Am. Chem. Soc.*, Vol. 129, 5356-5357.
- [34] Oldenburg, S. J., Averitt, R. D., Westcott, S. L., Halas, N. J. (1998). Nanoengineering of

optical resonances. Chem. Phys. Lett., Vol. 288, 243-247.

- [35] Colleen L. Nehl, Nathaniel K. Grady, Glenn P. Goodrich, Felicia Tam, Naomi J. Halas, and Jason H. Hafner (2004). Scattering Spectra of Single Gold Nanoshells, Nano Lett., Vol. 4, 2355-2359.

四波道平面相位陣列幾何結構之研究

A Study on Geometric Structure of Four-Element Planar Phase Array

洪惟堯^{1*}

Wei-Yau Horng
健行科技大學電子系
助理教授
wyhorng@uch.edu.tw

瞿 怡²

Yi Chu
健行科技大學電子系
副教授

摘 要

利用干涉儀系統，可由天線陣列接收到的電磁波，處理信號之間的相位差，準確並即時的估測信號源方向，由於它具有演算法相對簡單，以及通道數需求較低的特點，目前仍然廣泛的使用於國防以及偵測系統。本論文先討論平面式陣列構成干涉儀系統的最小通道數量，再討論四波道平面式陣列的結構，並推導平面式陣列在任意幾何結構時的相位差關係；我們再研究三角形、矩形、圓形與四邊形的結構，在天線間距大於半波長時的混淆(ambiguity)度。並以簡單的質數關係，提出混淆度低的四邊形結構；再利用相位差關係，得到仰角與水平角的演算法。我們利用電腦模擬實驗，比較我們提出的四邊形結構，與傳統的方法的估測精確度及混淆度，並依據這些實驗的結果，討論新演算法可以工作的仰角範圍。

關鍵詞：干涉儀、平面相位陣列、信號源指向、混淆、陣列幾何結構

Abstract

In an interferometer system, the direction of arrival (DOA) of an incoming electromagnetic wave is estimated by processing the phase differences among signals received by an array of antennas in a real time manner. It is widely used in direction finding because its algorithm is relatively simple and the required number of channels is rather low. This work discusses first the lowest number of channels required and the relationship among the phase differences for a four-element planar array with arbitrary geometry. Secondly, the ambiguities for the following geometries are investigated: triangular, rectangle, circular and quadrilateral, as array spacing is larger than the half operating wavelength. Then an algorithm to estimate the azimuth and elevation angles is addressed for the quadrilateral geometry whose ambiguity is lower than the others. A simulation to compare the estimation accuracy and ambiguity between the quadrilateral array and the traditional array (with two perpendicular linear arrays) is provided. The range of elevation angle for which the new algorithm would work is also addressed according to the simulation results.

Keywords: interferometer, planar phase array, direction of arrival (DOA), ambiguity, array geometric structure

壹、背景簡介

平面式陣列[1,7]經常應用於軍事及天文探測，以估測射頻信號源指向(direction of arrival, DOA)的仰角與水平角。指向估測技術可大致分為振幅比較(amplitude comparison)及相位比較(phase comparison)兩類，振幅比較系統的成本較低，但是精確度較差，相對而言，相位比較系統的成本高，而精確度較佳。為增加精確度，近年來，學術界研究相位DOA估測的重點，是使用多個取樣(亦稱為snapshot)，以二階統計的子空間(subspace)的方式進行估測，例如MUSIC[12]、ESPRIT[11]等方法。這類的方法須要累積大量的數據；同時，此類的估測系統，均設定相鄰陣列天線的距離為 $\lambda/2$ (其中 λ 為接收信號波長)，以避免相位混淆的問題，再利用增加天線數量，以達到高精確度的要求[8]；然而，在實際應用時，由於此類方法的運算複雜度較高，難以做到真正的即時估測。基於系統成本的考量，在天線數量較少的情況下，若仍希望可以達到高精確度的應用時，增加陣列天線基線(baseline)的距離，便成為另一個解決的方案；這種干涉儀系統[1]，目前仍然被大量的使用中，但是因為天線的距離大於 $\lambda/2$ ，因此必須解決相位混淆的問題。

常用的平面式陣列結構，包括兩組互相垂直的線性陣列[2]、圓形[4]及平行四邊形[14]等結構。由於三個以上的天線，可以有效降低一維DOA估測時，線性陣列的混淆問題[6]，因此[2]推廣一維DOA估測的演算法[6]，成為可以估測仰角與水平角的二線性平面(two perpendicular linear arrays, TPLA)陣列結構，此陣列包含6個天線，形成兩組互相垂直的線性次陣列，其中一個次陣列含有4個天線，而垂直於它的次陣列具有3個天線，兩組線性次陣列有一個共用的天線。每個次陣列的各天線間隔不為等距，因此長距離的基線可以得到甚佳之DOA精確度，同時，長距離基線可以得到短距離基線之助，以質數關係維持相當低之混淆機率。相較於未基於質數關係的演算法[16]，[2,6]的方法有著較低的混淆機率。

文獻[13]亦利用長、短基線的優點，以各兩個相似結構的三波道(每一個天線皆具有一個射頻波道)平面陣列，設計以模糊(fuzzy)理論為基礎的五波道干涉儀。基於進一步降低干涉儀成本的需求，本論文再降低[2,13]的天線陣列數量，我們將說明平面式陣列可以降低混淆問題的最小波道數量為四個，我們將借重、並且重新推導[5]提出的相位差關係，由於[5]只說明天線圍成面積與混淆機率的關係，並沒有提供建議的天線形狀，因此我們先針對四波道干涉儀構成的三角形、矩形、圓形與不規則四邊形(irregular quadrilateral, IQL)進行討論，並以簡單的質數關係，提出選擇不規則四邊形的技術，達到低混淆機率及高DOA精確度的要求。

解決干涉儀相位混淆的問題，近年亦有基於二階統計特性的相關文獻[4,10,15]，以及結合振幅比較及相位比較的方法[3]。為顧及實用性，並且降低運算量，如同於[2]的TPLA陣列，本文僅討論使用單一取樣的相位比較DOA演算法。我們將以四波道的TPLA陣列，與本論文提出的IQL，進行混淆機率及DOA精確度的模擬實驗，並依據這些實驗的結果，討論新演算法可以工作的仰角範圍。

貳、理論

本節先討論各天線之間的相位差關係，利用此相位差，說明解決混淆問題的最小波道數量為四個。依此，我們再得到仰角與水平角的演算法；不同於[5]的繁雜分析方式，我們將簡易且直接的重新推導出這個相位差關係。

一、平面陣列天線的相位差

干涉儀經常應用於脈衝雷達訊號之偵蒐與分析。若在同一頻寬內具有多重訊號源，可以藉由每一脈波之 DOA 估測值加以分離，形成脈波列(pulse train)，然後根據脈波到達的時間及振幅，做進一步的分析；即使偶有脈波重疊(pulse on pulse)的情形發生，可能得不到 DOA 估測值，或者估測出明顯錯誤的 DOA，這些少數的情況會被排除於脈波列之外，也不至於影響脈波列分析，所以我們只考慮單一信號源的情況。令此信號源之仰角為 $(90^\circ - \theta)$ ，水平角為 ϕ ，因此單位信號源向量為 $\vec{s} = \sin \theta \cos \phi \vec{i} + \sin \theta \sin \phi \vec{j} + \cos \theta \vec{k}$ 。若有一組在 $\vec{i} - \vec{j}$ 平面上的兩個天線，天線的基線向量為 \vec{d} ，則信號到達兩天線的正規化相位差 Φ ，可表示成 \vec{d} 與 \vec{s} 的內積(inner product)型式 $\Phi = (\vec{d} \cdot \vec{s}) / \lambda$ ，其中 λ 為射頻的波長。由於相位比較器量測到的相位差 φ ，其範圍是 $0 \leq \varphi < 1$ 。所以總相位差 Φ 與比較器的相位差 φ 之間，存在著以下的關係

$$\Phi = K + \varphi \quad (1)$$

其中 K 為相位差整數，代表著 Φ 的整數圈部分；而由於 K 為一個未知整數，因此產生了估測 DOA 時的混淆。若再考慮系統的相位雜訊 $\Delta\varphi$ ，則量測到的相位差 $\bar{\varphi}$ 可表示成

$$\bar{\varphi} = \text{mod}(\Phi + \Delta\varphi, 1) \quad (2)$$

其中 $\text{mod}(\cdot, \cdot)$ 表示模數(Modulus)操作。平面干涉儀的問題，就是利用多個天線間，量測到的相位差，在相位雜訊下，克服混淆的問題，求出未知整數 K ，再估測出射頻信號源的 DOA 角度 (θ, ϕ) 。在以下的討論中，我們先忽略相位雜訊 $\Delta\varphi$ 的影響。

若考慮到平面上具四個天線時的狀況，由於四個天線間，共有六個天線的聯結，為討論六個相位差應該如何運用，所以我們首先聚焦於四個天線中，任意三個天線間的相位差；再討論沿四邊形外圍連結基線時的相位差關係，以說明如何選擇天線基線，求取相位差整數。

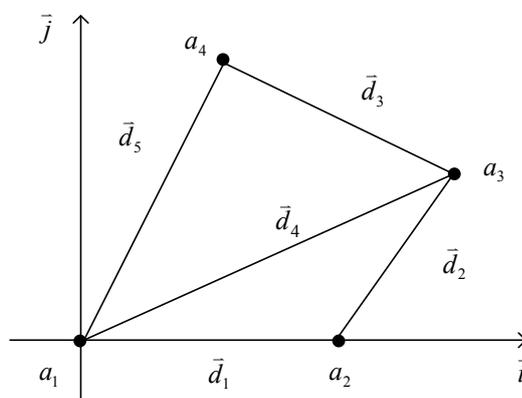


圖 1. 四個天線的位置及基線向量

如圖 1，假設天線位於 $\bar{i} - \bar{j}$ 平面上，為簡化說明，假設 \bar{i} 軸與 \bar{j} 軸相互垂直，而 \bar{d}_1 為聯結天線 a_1 至 a_2 的基線向量， \bar{d}_2 為聯結天線 a_2 至 a_3 的基線向量， \bar{d}_3 為聯結天線 a_3 至 a_4 的基線向量， \bar{d}_4 為聯結天線 a_1 至 a_3 的基線向量，則 $\bar{d}_4 = \bar{d}_1 + \bar{d}_2$ 。依據式(1)，令

$$\bar{d}_1 \cdot \bar{s} = \lambda(\varphi_1 + K_1) \quad (3)$$

$$\bar{d}_2 \cdot \bar{s} = \lambda(\varphi_2 + K_2) \quad (4)$$

且

$$\bar{d}_4 \cdot \bar{s} = \lambda(\varphi_4 + K_4) \quad (5)$$

其中 K_i 及 φ_i ， $i = 1, 2, 4$ 分別為各相位差的整數圈部分，及實際量測到的相位差，下文中有關 K_i 及 φ_i 的定義雷同。由於 $\bar{d}_4 = \bar{d}_1 + \bar{d}_2$ ，利用式(3)至式(5)，可得

$$(\varphi_1 + K_1) + (\varphi_2 + K_2) - (\varphi_4 + K_4) = 0 \quad (6)$$

因為上式有 3 個未知整數 K_1 、 K_2 及 K_4 ，若無其它方程式輔助，難以由式(6)求出整數圈。因此圖 1 中三波道的干涉儀，無法解決混淆的問題。

我們接著討論四個天線，沿四邊形外圍的相位差關係。假設 \bar{d}_1 及 \bar{d}_2 不共線，則 \bar{d}_3 可以寫成 \bar{d}_1 及 \bar{d}_2 的線性組合 $\bar{d}_3 = \alpha\bar{d}_1 + \beta\bar{d}_2$ ，其中係數 α 及 β 為常數。由於

$$\bar{d}_3 \cdot \bar{s} = \lambda(\varphi_3 + K_3) \quad (7)$$

因此，由式(3)、(4)、(7)及 $\bar{d}_3 = \alpha\bar{d}_1 + \beta\bar{d}_2$ ，可得

$$\alpha(\varphi_1 + K_1) + \beta(\varphi_2 + K_2) - (\varphi_3 + K_3) = 0 \quad (8)$$

上式經過轉換後，可以等同於[5]的結論。

由於[5]並沒有提供以式(8)求解的方式，本文深入的討論式(8)如下：相較於式(6)，由於式(8)多出了係數 α 及 β ，若適當的選擇 α 及 β ，則容許式(8)成立的 $\{K_1, K_2, K_3\}$ 組合將會減少，甚至只有一個唯一解。接著我們討論沿四邊形外圍形成的封閉環路，如圖 1 所示，假設 \bar{d}_5 為聯結天線 a_1 至 a_4 的基線向量，可知 $\bar{d}_5 = \bar{d}_1 + \bar{d}_2 + \bar{d}_3$ ，由於 $\bar{d}_3 = \alpha\bar{d}_1 + \beta\bar{d}_2$ ，故 $\bar{d}_5 = (\alpha + 1)\bar{d}_1 + (\beta + 1)\bar{d}_2$ ，則因

$$\bar{d}_5 \cdot \bar{s} = \lambda(\varphi_5 + K_5) \quad (9)$$

可得

$$(\alpha + 1)(\varphi_1 + K_1) + (\beta + 1)(\varphi_2 + K_2) - (\varphi_5 + K_5) = 0 \quad (10)$$

利用式(8)，上式可以寫成

$$(\varphi_1 + K_1) + (\varphi_2 + K_2) + (\varphi_3 + K_3) - (\varphi_5 + K_5) = 0 \quad (11)$$

此方程式類似於式(6)，不存在有利於求解的關係存在；若是考慮將式(8)與式(11)形成聯立方程組，由於增加了一個未知數 K_5 ，因此，聯立方程組對求解並沒有實質的幫助。

若將以上的推導，延伸至其它天線的聯結，亦有相類似的關係，因此，以下我們只討論 \bar{d}_1 、 \bar{d}_2 與 \bar{d}_3 的相位差。由於我們只要求出六個天線聯結中，沿 \bar{i} 軸最長及沿 \bar{j} 軸最長的兩個真實相位，就可以精確的估測仰角及水平角[7]，若式(8)所相對的向量 \bar{d}_1 、 \bar{d}_2 與

\vec{d}_3 包含了所有六個天線聯結中，所須的最長兩個向量，則式(8)為唯一可用的方程式。

然而，藉由式(8)，我們仍無法確定 K_i 是否有混淆的問題，在下一小節中，我們利用三角形陣列混淆圖(Triangular Array Ambiguity Plot，簡稱 TAAP)[5]做為輔助工具，討論陣列幾何結構與相位混淆的關係。

二、陣列幾何結構與相位混淆

TAAP 的詳細使用方法，可以參考[5]的說明，本文就直接使用的部分，簡介如下：以任意三個天線圍成一個三角形，由三角形其中的兩個邊為基線向量，向量長度為 d_i ，繪出兩組平行線(三角形的另一個邊，可以省略不繪)，每組平行線分別與基線向量垂直，平行線間距為 λ/d_i ，這些平行線的交會點，是表示 K_i 的可能解。上述的 TAAP 繪製方法，應用於四邊形，可描述成：以四邊形的其中三個邊為基線向量，繪製垂直於這三個邊的直線，並且先交會於一點，再繪出這三條直線的平行線，且平行線間距為 λ/d_i 。假設天線接收來自一個角錐內的信號，角錐的半頂角(cone half-angle)為 ρ ，若在半徑為 $\sin \rho$ 的圓內，出現了平行線的交點，且交點僅有一個，則 K_i 的解唯一；若在圓內有多個交點，則 K_i 的解存在著混淆的問題。以下，我們將以式(8)以及 TAAP，討論三角形、矩形、圓形與四邊形結構的求解關係。

(一) 矩形

天線位於矩形的四個端點時，若任選其中三個邊為基線向量，必定有兩個邊是相互平行的，基於上述 TAAP 繪製的說明，可知矩形陣列的混淆圖，是由兩個相互正交的平行線所構成，其交點(混淆點)出現相當頻繁。

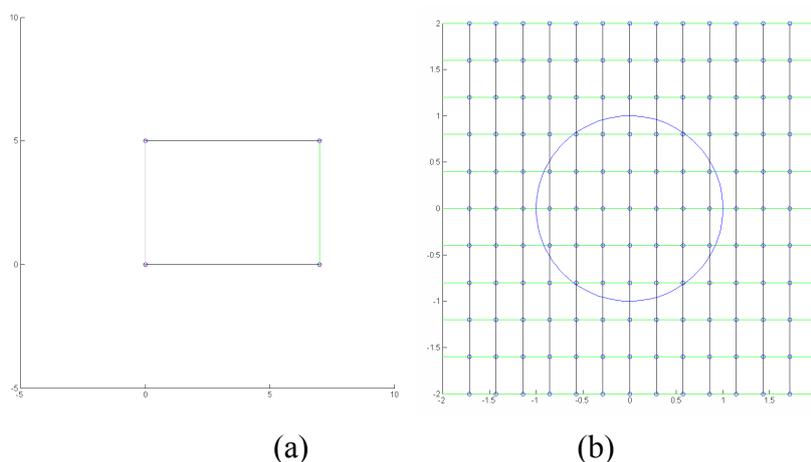


圖 2. 矩形($\vec{d}_1 = 7q\vec{i}$ ， $\vec{d}_2 = 5q\vec{j}$ ， $\alpha = -1$ 及 $\beta = 0$)； $q = \lambda/2$ 。(a)天線結構，(b)天線混淆圖。本文假設 $\rho = 90^\circ$ ，所以圖示的圓形為單位圓。

圖 2(a)為一個矩形陣列的結構，小圓點代表陣列元件位置，陣列位置參數為 $\vec{d}_1 = 7q\vec{i}$ (其中 $q = \lambda/2$)， $\vec{d}_2 = 5q\vec{j}$ ， $\alpha = -1$ 及 $\beta = 0$ ($\vec{d}_3 = -7q\vec{i}$)，圖示以半波長為單位；圖 2 (b)為圖 2(a)的 TAAP，混淆點以粗圓點表示。圖 2(a)的綠色與黑色基線，分別

對應於圖 2(b)的綠色與黑色平行線；由於圖 2(a)有兩條黑色基線是平行的，所以圖 2(b)的每條黑色平行線，是由兩條直線重疊而成的。由圖示可知，矩形結構不利於求整數圈，除非天線圍成的面積相當小。這是因為天線圍成的面積較小時，TAAP 各組平行線的間距將會增加，此時，單位圓內平行線的交點將會減少。然而，當面積降低時，天線基線的長度將會較短，因此，DOA 的準確度將隨之降低[6,7]。

(二) 三角形

若三個天線位於三角形的頂點，而第 4 個天線在三角形的邊上時，則有三個天線是共線的，因此混淆圖必然頻繁的出現交會點，圖 3(a)及(b)分別為一個三角形的結構及 TAAP，陣列位置參數為 $\vec{d}_1 = 7q\vec{i}$ ， $\vec{d}_2 = q(-3\vec{i} + 4\vec{j})$ ，及 $\vec{d}_3 = -2q(\vec{i} + \vec{j})$ 。圖 3(a)的紅色、綠色與黑色基線，分別對應於圖 3(b)的紅色、綠色與黑色平行線。如同矩形陣列天線，三角形結構不利於求整數圈，除非天線圍成的面積相當小。

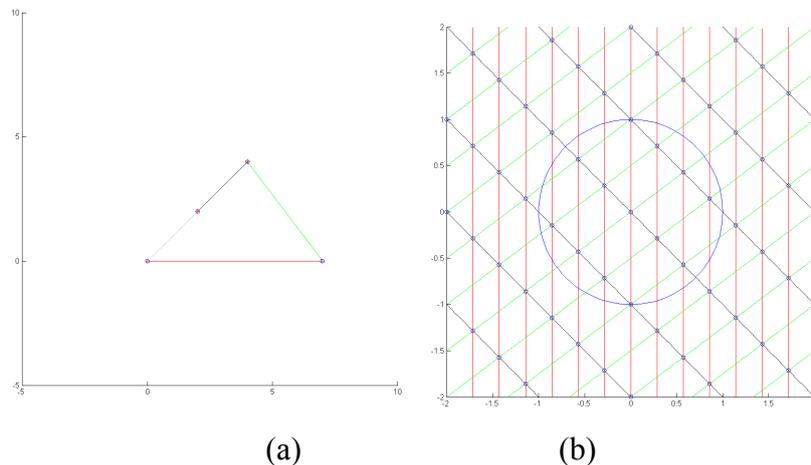


圖 3. 三角形($\vec{d}_1 = 7q\vec{i}$ ， $\vec{d}_2 = q(-3\vec{i} + 4\vec{j})$ ，及 $\vec{d}_3 = -2q(\vec{i} + \vec{j})$)； $q = \lambda/2$ 。

(a)天線結構，(b)天線混淆圖。

值得注意的是，若是三角形的其中一個夾角為 90° 時，則陣列的幾何結構等同於一個 TPLA 陣列結構，此時可以利用[2,6]的方式求出 K_i ，但是，除非天線基線的長度很短，否則無法解決混淆的問題。這個現象，我們將在下一節的模擬結果中說明。

(三) 不規則四邊形

若 \vec{d}_1 不平行 \vec{i} 軸向，或 \vec{d}_2 不平行 \vec{j} 軸向，則混淆圖只是做旋轉的轉換，不影響混淆度的討論，為簡便起見，以下先討論 \vec{d}_1 平行 \vec{i} 軸向， \vec{d}_2 平行 \vec{j} 軸向的狀況。由於 \vec{d}_3 可以寫成 $\vec{d}_3 = \alpha\vec{d}_1 + \beta\vec{d}_2$ ，若選擇 α 及 β 為一互質的整數，或者為互質整數相除的分數 (例如 $\alpha = 17/19$ ， $\beta = -23/31$)，則容許式(8)成立的 $\{K_1, K_2, K_3\}$ 組合將可以減少至一個。因為若係數 α 及 β 為互質整數相除的分數，則混淆圖為一組垂直線、一組水平線及一組斜線的組合。若再限制 $|\vec{d}_1| = |\vec{d}_2| = d$ 及 $|\alpha| \approx |\beta| \approx 1$ ，則斜線接近於 45° 或 -45° ，圖 4 即為

$\vec{d}_1 = 7q\vec{i}$, $\vec{d}_2 = 7q\vec{j}$, $\alpha = -17/19$ 及 $\beta = -23/31$ 的 TAAP , 垂直線與水平線交會於正方形格點 , 由圖示中可知 , 由於 $|\vec{d}_3| = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}d \approx \sqrt{2}d$, 這組斜線の間距接近於 $\lambda/(\sqrt{2}d)$, 但是不等於 $\lambda/(\sqrt{2}d)$, 所以斜線不容易與正方形格點相交 , 因此容許式(8)成立的 $\{K_1, K_2, K_3\}$ 組合只有一個。

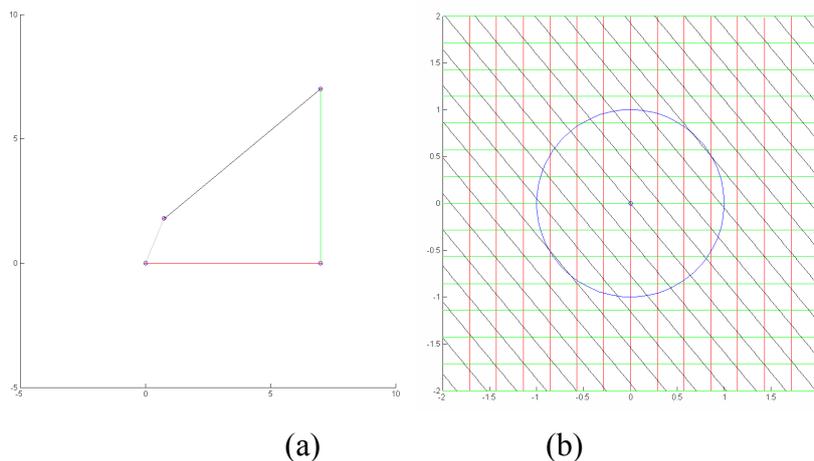


圖 4. 不規則四邊形($\vec{d}_1 = 7q\vec{i}$, $\vec{d}_2 = 7q\vec{j}$, $\alpha = -17/19$ 及 $\beta = -23/31$) ; $q = \lambda/2$ 。

(a)天線結構, (b)天線混淆圖。

若放寬之前 $|\vec{d}_1| = |\vec{d}_2| = d$ 的限制, 則因混淆圖只是 \vec{i} 軸向與 \vec{j} 軸向的壓縮或伸展, 所以斜線亦不容易與長方形格點相交, 如圖 5 為 $\vec{d}_1 = 7q\vec{i}$, $\vec{d}_2 = 4q\vec{j}$, $\alpha = -17/19$ 及 $\beta = -23/31$ 的 TAAP , 由圖示可知, 此混淆圖只有唯一解。

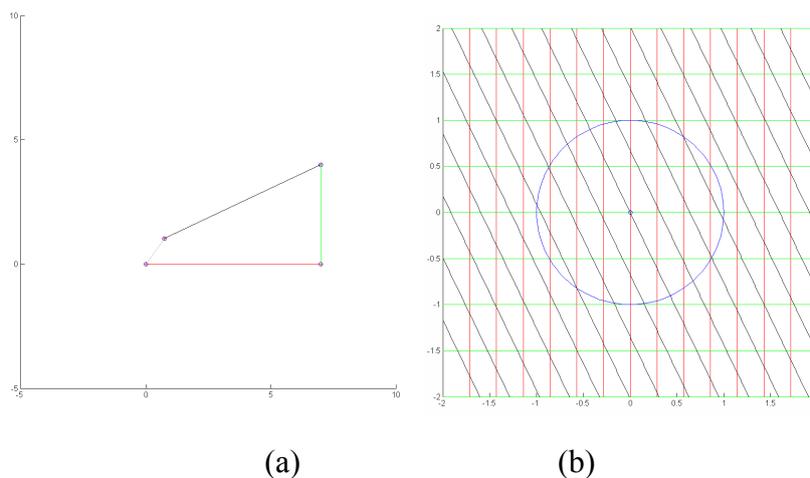


圖 5. 不規則四邊形($\vec{d}_1 = 7q\vec{i}$, $\vec{d}_2 = 4q\vec{j}$, $\alpha = -17/19$ 及 $\beta = -23/31$) ; $q = \lambda/2$ 。

(a)天線結構, (b)天線混淆圖。

以上的討論可以推廣到 \vec{d}_1 不平行 \vec{i} 軸向，或 \vec{d}_2 不平行 \vec{j} 軸向的情況，此時不規則四邊形的其中一個內角，可能不為 90° 。由於係數 α 及 β 均為互質整數相除的分數，符合式(8)的 $\{K_1, K_2, K_3\}$ 非常少，所以 $|\alpha| \approx |\beta| \approx 1$ 的限制亦可放寬。當然，為確保不規則四邊形只有唯一解，建議在決定天線位置前，先檢視混淆圖的交點數。

相較於矩形及三角形的結構，不規則四邊形在相當大的程度上，整數圈解只有一個；而且，天線圍成的面積較大，在基線長度為數個半波長的情況下，可以確保角度估測的精確度。

(四) 圓形

若將圓形結構視為不規則四邊形的特殊情形，例如，圖 6 為 $\vec{d}_1 = 5\sqrt{2}q\vec{i}$ ， $\vec{d}_2 = 5\sqrt{2}q(\vec{i} + \vec{j})$ ， $\alpha = (\sqrt{3} - \sqrt{6} - 3)/6$ 及 $\beta = (\sqrt{3} + \sqrt{6} - 3)/6$ 的圓形結構及 TAAP，由圖示可知，此混淆圖只有唯一解。但是，天線在圓形上的位置必須謹慎選擇。

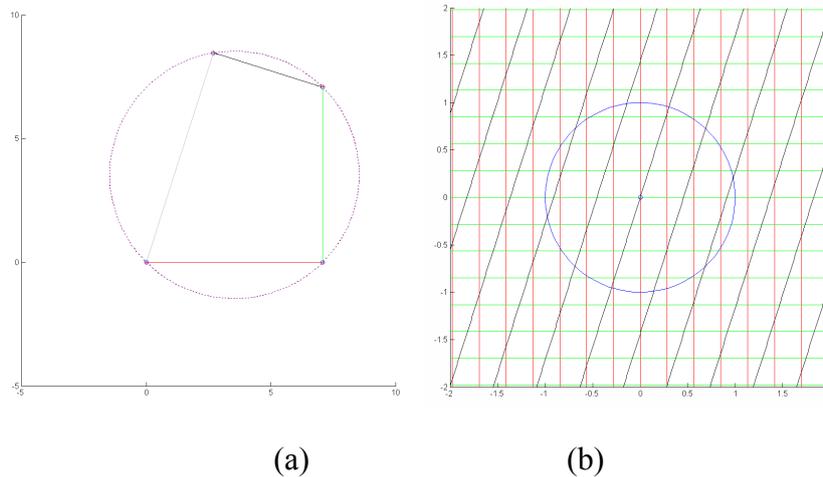


圖 6. 圓形($\vec{d}_1 = 5\sqrt{2}q\vec{i}$ ， $\vec{d}_2 = 5\sqrt{2}q(\vec{i} + \vec{j})$ ， $\alpha = (\sqrt{3} - \sqrt{6} - 3)/6$ 及 $\beta = (\sqrt{3} + \sqrt{6} - 3)/6$)； $q = \lambda/2$ 。

(a)天線結構，(b)天線混淆圖。

(五) 討論

由以上的討論可知，四天線陣列位置的選擇原則為：

- 1、三角形(第 4 個天線在三角形的邊上)與矩形的混淆圖，其交點出現相當頻繁，故不宜採用。
- 2、圓形結構在等同於不規則四邊形的情形下，有可能解是唯一的。
- 3、不規則四邊形的陣列位置較佳，並可透過模擬軟體尋求較佳的混淆圖，使混淆圖中以 $\sin \rho$ 為半徑的圓內，只有一個交點。

以上的結論，是在沒有相位雜訊的前提下討論的，在實際的應用中，接收雜訊與波道校正誤差均會影響混淆機率，我們將在下一節的實驗模擬中說明。

三、平面式干涉儀的測向演算法

若信號源之仰角為 $(90^\circ - \theta)$ ，水平角為 ϕ 。依據式(8)，四天線平面式干涉儀的測向演算法，整理如下：

(一)若式(8)所相對的向量 \vec{d}_1 、 \vec{d}_2 及 \vec{d}_3 包含了 \vec{i} 軸與 \vec{j} 軸最長的兩個向量，在具有相位雜訊的情況下，以

$$(\hat{K}_1, \hat{K}_2, \hat{K}_3) = \arg \min_{K_1, K_2, K_3 \in Z} |\alpha(\bar{\varphi}_1 + K_1) + \beta(\bar{\varphi}_2 + K_2) - (\bar{\varphi}_3 + K_3)| \quad (12)$$

求出估測值 \hat{K}_1 、 \hat{K}_2 及 \hat{K}_3

(二)假設 $\vec{d}_1 = d_{1i}\vec{i} + d_{1j}\vec{j}$ 、 $\vec{d}_2 = d_{2i}\vec{i} + d_{2j}\vec{j}$ ，求以下方程式的解

$$\begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} d_{1i} & d_{1j} \\ d_{2i} & d_{2j} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \bar{\varphi}_1 + \hat{K}_1 \\ \bar{\varphi}_2 + \hat{K}_2 \end{bmatrix} \quad (13)$$

(三)計算 $\hat{\phi} = \tan^{-1}(\frac{\eta_2}{\eta_1})$ ， $\hat{\theta} = \sin^{-1}(\sqrt{\eta_1^2 + \eta_2^2})$

參、結果與分析

本節討論計算機模擬的結果，由於矩形及三角形在相位誤差等於零的情況下，仍然具有多個混淆點；而無混淆的圓形陣列，可以視為一個不規則的四邊形，並且由於天線位置不容易選取；所以，以下只討論不規則四邊形平面(IQL)及二線性平面(TPLA)陣列的模擬結果。

實驗是以 N 筆具有高斯相位雜訊的資料模擬的，實驗結果的混淆機率定義如下：

$$\text{混淆機率} = \text{相位整數圈估測錯誤次數}/N \quad (14)$$

為使得兩種陣列結構在估測 θ 與 ϕ 時的精確度相近，以觀察其混淆機率，兩種陣列的兩個最長基線，均各沿 \vec{i} 軸及 \vec{j} 軸，且長度均為 d 倍的半波長。為證實兩種陣列的估測精確度相近，當混淆發生時(假設混淆發生的次數為 L)， (θ, ϕ) 的估測結果將被去除，此設定與干涉儀實際應用的狀況相同，因為即時的估測結果，若與前、後估測值相差過大時，則此時的估測結果將會被棄置。另外，我們設定混淆機率等於1時($N=L$)的估測結果為 $(\theta, \phi) = (0^\circ, 0^\circ)$ 。混淆機率為1，表示陣列在某情況下有不可解的混淆。

評量估測精確度的標準，是使用均方根誤差(root mean square error, RMSE)，定義為

$$\text{RMSE} = \left(\frac{1}{N-L} \sum_{n=1}^{N-L} (\text{真實角度} - \text{估測角度})^2 \right)^{0.5} \quad (15)$$

IQL 陣列的天線排列方式為 $\vec{d}_1 = dq\vec{i}$ ， $\vec{d}_2 = dq\vec{j}$ ， $\vec{d}_3 = \alpha\vec{d}_1 + \beta\vec{d}_2$ ，為減少 $|\vec{d}_3|$ 的長度，以降低混淆機率，係數 α 及 β 均選擇 $|\alpha| < 1$ ， $|\beta| < 1$ ，其係數為 $\alpha = -7/47$ 及 $\beta = -9/23$ ，此天線結構示於圖7。

TPLA 陣列包含兩組互相垂直的線性次陣列，水平次陣列含有 3 個天線，而垂直次陣列有 2 個天線，其中有一個天線共用。TPLA 陣列在 \bar{i} 方向與 \bar{j} 方向的最大天線距離，均選擇與 IQL 陣列一致，依據線性陣列的演算法[6]，當 $d = 3$ 時，第二個天線位於 $2q\bar{i}$ ；當 $d = 4$ 及 $d = 5$ 時，第二個天線位於 $3q\bar{i}$ ；其天線結構示於圖 8，由於當 $d = 3$ (基線長 $3q$)， $d = 4$ (基線長 $4q$)， $d = 5$ (基線長 $5q$) 時，TPLA 的第二、三個天線的間距分別為 q ， q 及 $2q$ ，遠較於第一、三個天線的基線長度為短，因此達到了解析相位整數圈的目的[6]；然而，由於在 \bar{j} 方向上只有兩個天線，所以無法利用這種方式進行解析。因此，TPLA 整體的混淆機率應該較高。

我們首先是以固定水平角，而變動仰角來進行實驗，雜訊相位標準偏差為 10° 。由於 IQL 陣列 \bar{d}_3 的相位差為 $d(\alpha \cos \phi + \beta \sin \phi) \sin \theta / 2$ ，此相位差中具有水平角 ϕ 的因子為 $\alpha \cos \phi + \beta \sin \phi$ ，其絕對值 $|\alpha \cos \phi + \beta \sin \phi|$ 於 $\phi = 69^\circ$ (及 $\phi = 249^\circ$) 時具有最大值，此時 \bar{d}_3 方向上最容易發生相位混淆；同理， \bar{d}_1 與 \bar{d}_2 方向上最容易發生相位混淆的角度，分別為 $\phi = 0^\circ$ (及 $\phi = 180^\circ$) 與 $\phi = 90^\circ$ (及 $\phi = 270^\circ$)。而 TPLA 在 \bar{j} 方向的相位差為 $d \sin \phi \sin \theta / 2$ ， $|\sin \phi|$ 於 $\phi = 90^\circ$ (及 $\phi = 270^\circ$) 時具有最大值，此時 TPLA 容易發生相位混淆。所以，我們分別固定 $\phi = 0^\circ$ ， $\phi = 69^\circ$ ， $\phi = 90^\circ$ ，另外再任意加上一個水平角 $\phi = 150^\circ$ 以為參考，並變動 θ 值 ($\theta \leq 90^\circ$) 進行實驗。

圖 9(a) 為 $d = 3$ 時的混淆機率，由圖示中可以發現，TPLA 在 $\theta > 38^\circ$ 時，混淆機率迅速上升，很快達到混淆機率為 1，這表示陣列大約在 $\theta > 38^\circ$ 時有不可解的混淆，而 IQL 在 $\theta \leq 90^\circ$ 時的混淆機率均在 0.1 附近或 0.1 以下。圖 9(b) 及圖 9(c) 為相對於圖 9(a) 的 θ 及 ϕ 估測均方根誤差。在圖 9(b) 中，當約 $\theta > 38^\circ$ 時，有些角度因為混淆機率為 1，標記為 $\text{Prob}(\text{ambiguity})=1$ ，由於設定 $(\hat{\theta}, \hat{\phi}) = (0^\circ, 0^\circ)$ ，故 θ 之估測均方根誤差的對數值，等於輸入角度的對數值。當約 $\theta > 70^\circ$ 時，因為信號源逐漸貼近天線陣列平面，均方根誤差均快速的增加。由圖 9(c) 可知， $\theta \approx 0^\circ$ 時的角度估測難度較高，這是因為在天頂角附近，我們很難辨識認出方位，而[7]的分析結果亦支持了這個結果，因此在以下的說明中，我們不討論 $\theta \approx 0^\circ$ 時的均方根誤差。在實際的應用中，我們通常會限制仰角工作的角度[3,5]，在這個工作角度內，演算法的混淆機率及估測誤差必須小於某個數值。假設選擇混淆機率約 0.1 為可接受的範圍， θ 與 ϕ 的均方根誤差 $< 3^\circ$ 為可接受的範圍。觀察圖 9 的結果，我們發現 IQL 受限於 θ 的均方根誤差，因此可以提供估測的 θ 角範圍為 $0 \leq \theta \leq 52^\circ$ ；而 TPLA 受限於混淆機率，因此可提供估測的 θ 角範圍為 $0 \leq \theta \leq 38^\circ$ 。

圖 9(d) 為固定 θ 值為 $\theta = 38^\circ$ 及 $\theta = 52^\circ$ ，而變動 ϕ 值的混淆機率，實驗結果證實了以上的結論。

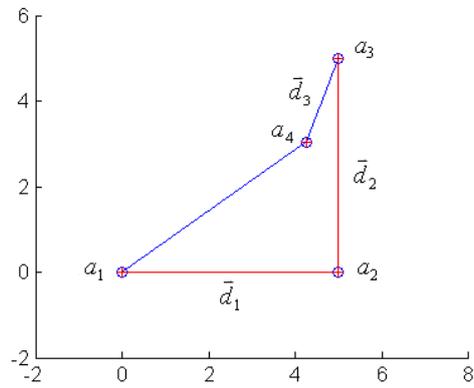


圖 7. IQL 的天線結構 (以 $d=5$ 為例)，圖示以半波長為單位，圓點代表陣列元件位置，紅色線代表估測角度時使用的基線。

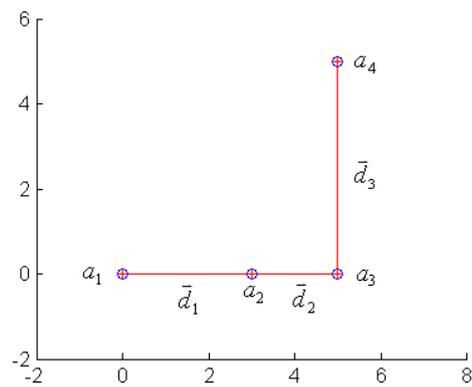
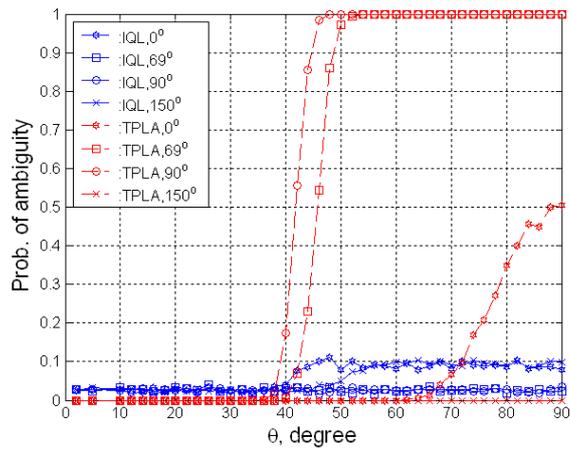
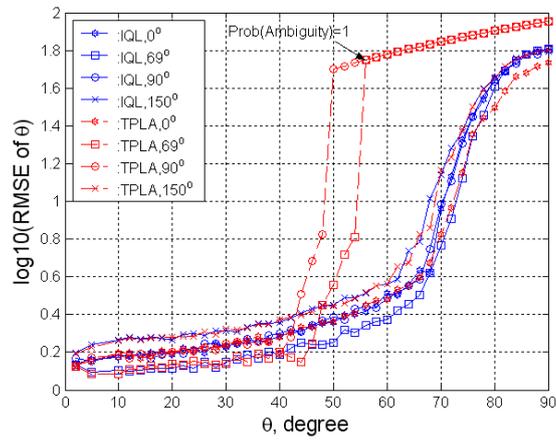


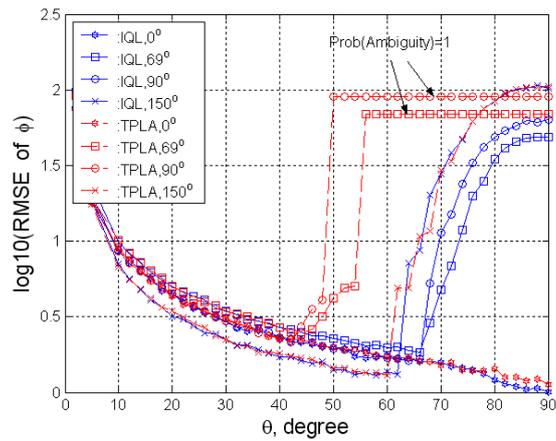
圖 8. TPLA 的天線結構(以 $d=5$ 為例)，圖示以半波長為單位，圓點代表陣列元件位置，紅色線代表估測角度時使用的基線。



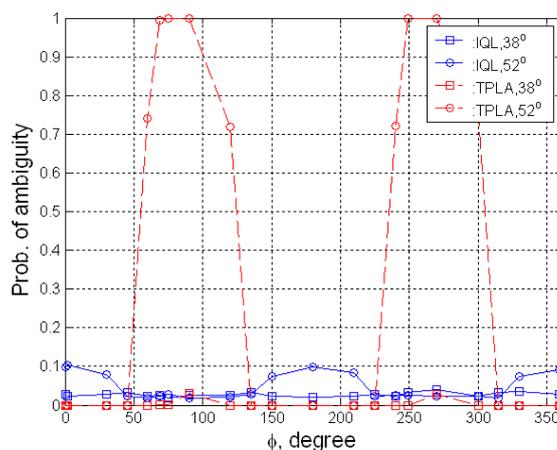
(a)



(b)



(c)



(d)

圖 9. $d=3$ 的估測特性，雜訊相位標準偏差為 10° 。

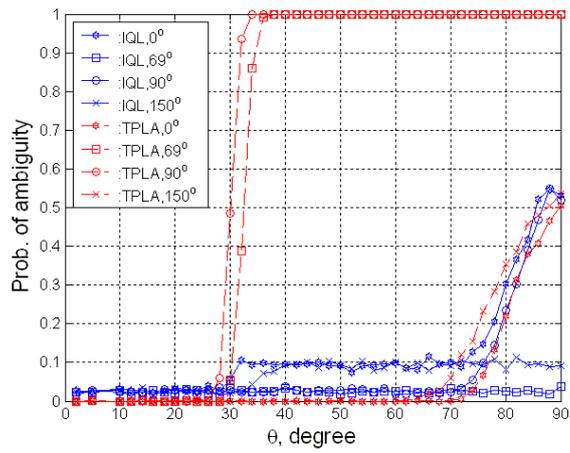
圖 10(a)為 $d=4$ 時的混淆機率，圖 10(b)及圖 10(c)為相對於圖 10(a)的 θ 及 ϕ 估測均方根誤差。觀察圖 10 的結果可知，IQL 仍受限於 θ 的均方根誤差，可提供估測的 θ 角範圍為 $0 \leq \theta \leq 56^\circ$ ，TPLA 亦受限於混淆機率，可提供估測的 θ 角範圍為 $0 \leq \theta \leq 28^\circ$ 。圖 10(d)則為固定 θ 值為 $\theta = 28^\circ$ 及 $\theta = 56^\circ$ ，而變動 ϕ 值的混淆機率。比較圖 9(b)及圖 10(b)，我們發現在增加基線長度後，IQL 及 TPLA 的均方根誤差均降低，由於 IQL 是受限於 θ 的均方根誤差，所以 IQL 可提供估測的 θ 角範圍增加。

為增加實驗的可信度，在 $d=5$ 時，我們增加雜訊相位標準偏差為 5° 的實驗，11(a)為混淆機率圖，圖 11(b)為相對的 θ 估測均方根誤差，圖 11(c)則為 ϕ 的估測均方根誤差。觀察圖 11 的結果可知，IQL 可以提供估測的 θ 角範圍為 $0 \leq \theta \leq 52^\circ$ ，TPLA 則為 $0 \leq \theta \leq 22^\circ$ 。圖 12(a)為 $d=5$ ，雜訊相位標準偏差為 10° 的混淆機率，圖 12(b)為相對的 θ 估測均方根誤差，圖 12(c)則為 ϕ 的估測均方根誤差。觀察圖 12 的結果可知，兩者均受限於混淆機率，IQL 可以提供估測的 θ 角範圍為 $0 \leq \theta \leq 48^\circ$ ，TPLA 則為 $0 \leq \theta \leq 22^\circ$ 。比較圖 11 與圖 12 的結果可知，在雜訊相位角度小，且 θ 角範圍為 $0 \leq \theta \leq 50^\circ$ 時，IQL 的混淆機率接近於 0。

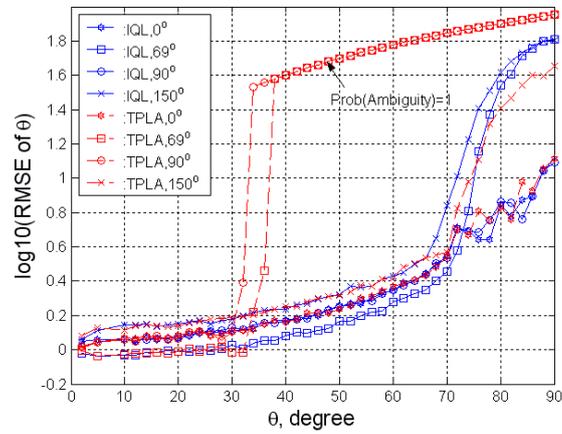
由圖 9 至圖 12，我們可以得到以下結論

- 一、 可以提供估測的 θ 角範圍，IQL 大於 TPLA，但是，
- 二、 在兩者可以提供估測的 θ 角範圍內，TPLA 的混淆機率小於 IQL，
- 三、 當基線長度增加時，混淆機率增加
- 四、 當基線長度相同時，在 IQL 與 TPLA 可以提供估測的 θ 角範圍內，兩者的估測均方根誤差大約相等，
- 五、 當基線長度增加，且入射的 θ 角在 $\theta \approx 0^\circ$ 時，估測的 θ 與 ϕ 的均方根誤差，均有明顯下降。

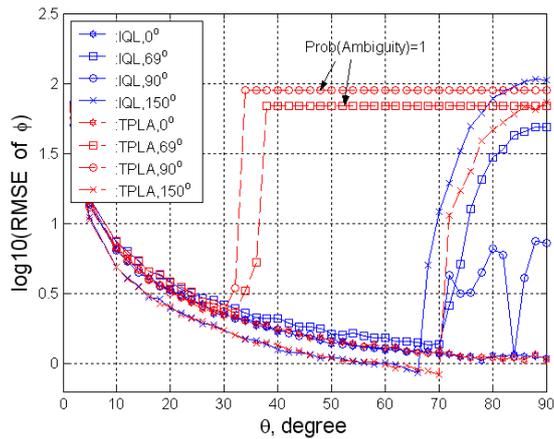
以上觀察到的現象均符合預期的結果。



(a)



(b)



(c)

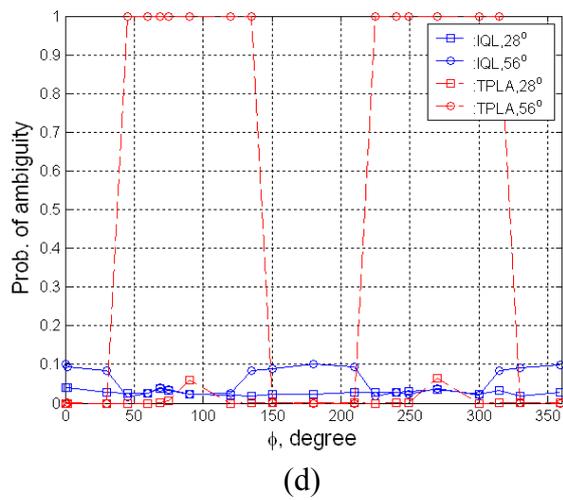
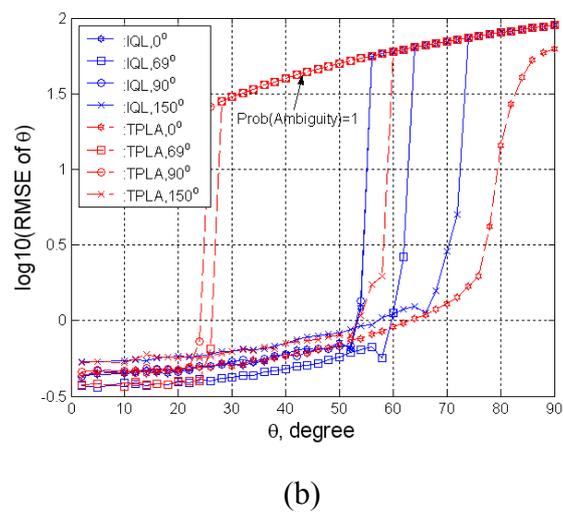
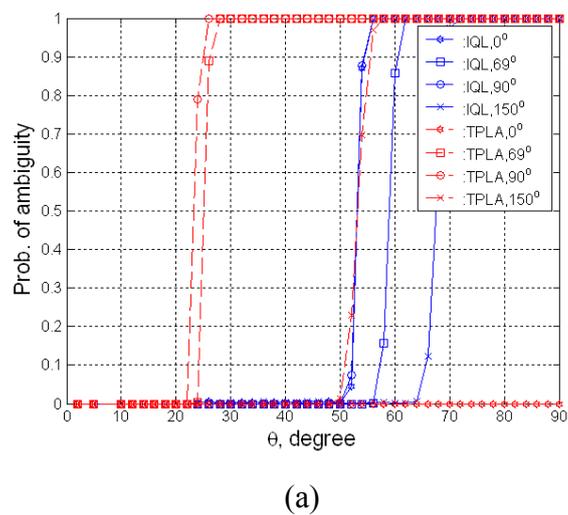
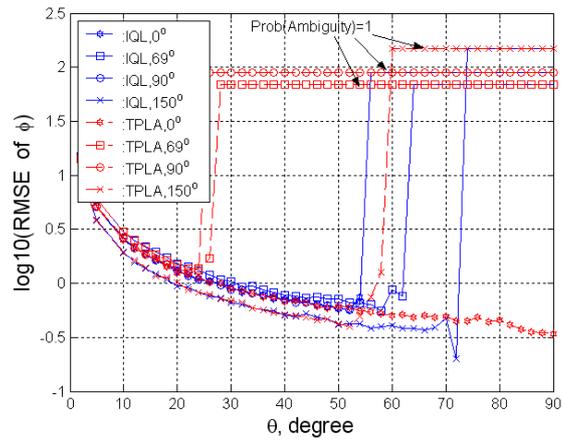
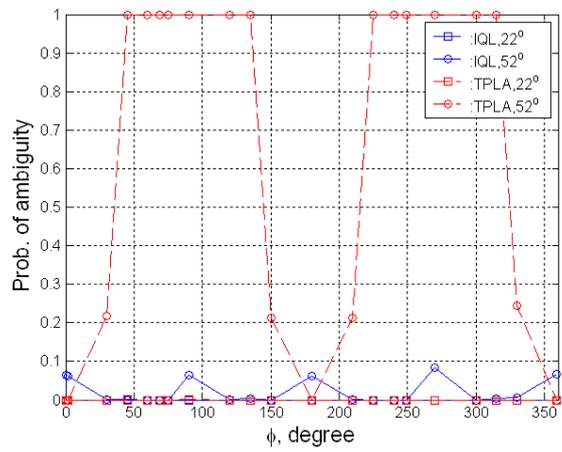


圖 10. $d=4$ 的估測特性，雜訊相位標準偏差為 10° 。



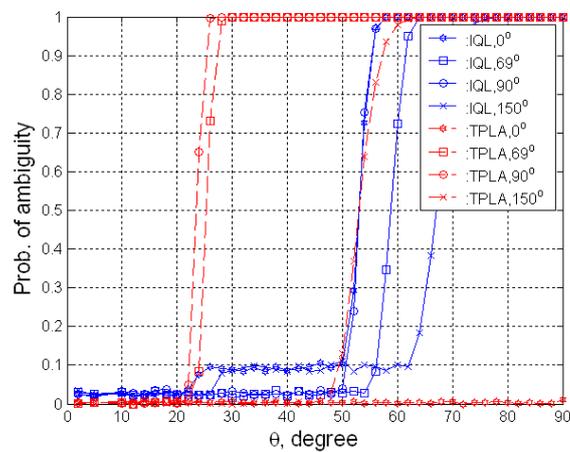


(c)

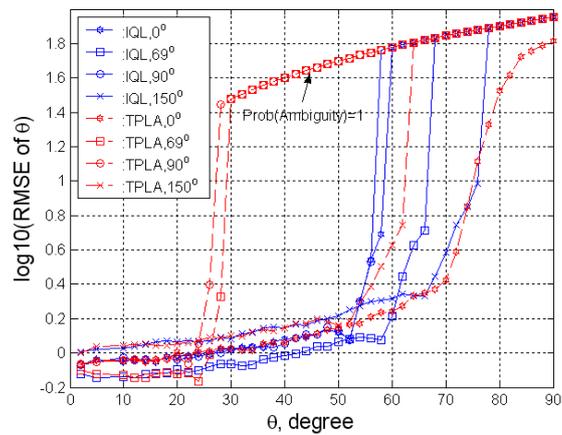


(d)

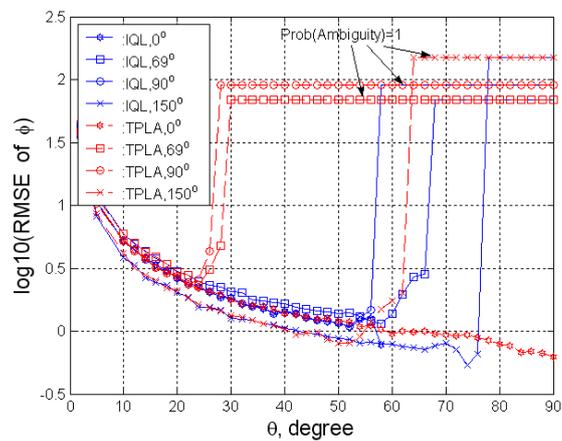
圖 11. $d=5$ 的估測特性，雜訊相位標準偏差為 5° 。



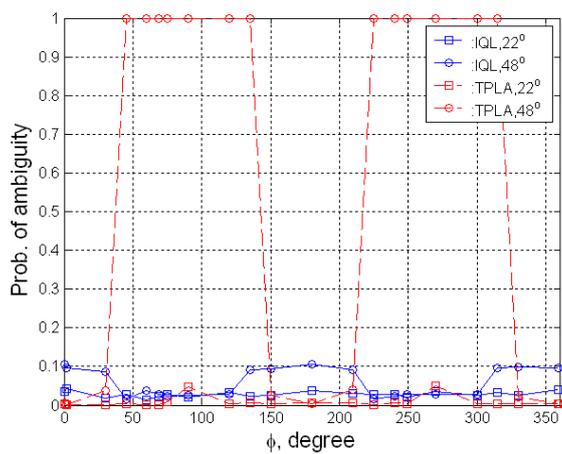
(a)



(b)



(c)



(d)

圖 12. $d=5$ 的估測特性，雜訊相位標準偏差為 10° 。

肆、結論

本論文首先利用信號源入射向量，與天線基線向量的內積，說明在天線間距大於半波長時，解決干涉儀混淆問題的最小波道數量為四個，這個結論使得我們可以節省波道數量，精簡的使用硬體設備。

在討論任意陣列結構的混淆圖後，我們的結論是：在無雜訊下，保持零混淆的結構，為一個不規則的四邊形；這個不規則四邊形的選取方法，是善加利用了互質整數的特性，使得相位整數圈的解唯一。依據這個結構，我們提出了干涉儀在雜訊下，估測整數圈的方法，以計算出訊號源的仰角與水平角。這使得我們可以非常容易的選擇四邊形的結構，並且演算法也十分簡易。

我們是以三倍至五倍的半波長間距，來進行估測精確度及混淆度的實驗。相較於傳統並且已經實用化的TPLA方法，本論文提出的四邊形結構及其演算法，在相同的相位雜訊下，維持了相同的估測精確度，並且具有較低的混淆機率。

在本論文中，我們僅使用單一的最小化問題，並且利用質數關係，求出三個相位整數圈；藉由其他輔助技術，例如[13]的模糊理論方法，以進一步降低混淆機率，是我們未來研究與努力的方向。

伍、致謝

本論文部分由“國防部軍備局中科院，資訊通訊研究所(99-ET-004-AD)”補助。謝謝審查者的寶貴意見。

參考文獻

- [1] 洪惟堯、瞿怡 (2010)。平面式干涉儀系統陣列天線最佳化分析軟體原理說明。中科院技術報告。
- [2] 洪惟堯 (2009)。二維干涉儀天線陣列分佈最佳化軟體操作手冊。中科院技術報告。
- [3] Brinegar, C. (2000) Passive direction finding: combining amplitude and phase based methods, in Proc. *IEEE National Aerosp. Electron. Conf.*, 78 - 84, Ohio, USA.
- [4] Chen, L. and Xiao, X.-C. (2002), Performance study of 2D DOA estimation using UCA with five sensors, in *Proc. IEEE Int. Conf. Comm., Circuits and Syst. and West Sino Expositions*, 1012 -1016, Chengdu, China.
- [5] Hanson, J. E. (1973), On resolving angle ambiguities of n-channel interferometer systems for arbitrary antenna arrangements in a plane, *Tech Report Johns Hopkins Univ. Applied Physics Lab.* (TG1224).
- [6] Horng, W.-Y. (2012), An efficient DOA algorithm for real time wideband phase interferometers, submitted to *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*.
- [7] Jacobs, E. and Ralston, E. W. (1981), Ambiguity resolution in interferometry, *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, AES-17(6), 766-780.
- [8] Li, F. and Vaccaro, R. J. (1991), Unified analysis for DOA estimation algorithms in array signal processing, *Signal Processing*, 25, 147-169.
- [9] Lipsky, S. E. (2004), *Microwave passive direction finding*, SciTech Publishing, Raleigh, NC.
- [10] Penno, R.P., Pasala, K.M. and Schneider, S. (2004), An improved hybrid interferometer, in *Proc. IEEE Int. Conf. Aerosp. Electron. Conf.*, 2, 940 - 946, MT, USA.
- [11] Roy, R. H. and Kailath, T. (1989), ESPRIT-estimation of signal parameters via rotational invariance techniques, *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, 37, 984-995.
- [12] Schmidt, R. (1979), Multiple emitter location and signal parameter estimation, in *Proc. RADC Spectrum Estimation Workshop*, 243-258.
- [13] Straatveit, S. N. (2010), *Sparse interferometric array for radio frequency azimuth direction finding*. (20100033377), US Patent, Pub.
- [14] Swindlehurst, A. and Kailath, T. (1993) Azimuth/elevation direction finding using regular array geometries, *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, 29, 145-156.
- [15] Xun, Y. and Cui, Z.-Z. (2009), Two-dimensional circular array real-time phase interferometer algorithm and its correction, in *Proc. IEEE Int. Congress on Image and Signal Processing*, 1-5, Tianjin, China.
- [16] Yang, L., Meiguo, G., Guoman, L. and Guojie, Q. (2010), The angle-measuring algorithm for stepped-frequency radar based on dual-line digital phase interferometer, in *Proc. IEEE 2nd International Workshop on Education Technology and Computer Science*, 23-26, Wuhan, China.

團隊獎懲分配規則對團隊獎懲正義知覺的影響 — 探討規則預告及衝突規避價值的調節效果

The Effect of Team Reward/Punishment System on Justice Perception: Preliminary Announcement and Conflict

羅新興¹

Hsin-Hsin Lo
健行科技大學企管系
副教授
hhlo@uch.edu.tw

王彥蓁²

Yen-Chen Wang
健行科技大學經管所
研究生

謝冠瑜³

Kuan-Yu Hsien
健行科技大學企管系
學生

簡佳汝⁴

Jia-Ru Chien
健行科技大學企管系
學生

摘 要

本研究探討團隊成員對於團隊獎懲採均等與貢獻分配的正義知覺是否具有差異，並且分析預告規則與否及衝突規避價值的干擾效果。實驗採用大學生課堂團隊學習、抽樣評量、集體加(扣)分的2(均等分配、貢獻分配) × 2(事前告知、事後告知) × 2(衝突規避高、衝突規避低)的三因子受試者間實驗設計。分析所回收的353份有效問卷，獲得以下研究發現：首先，團隊成員接受事前告知規則的正義知覺高於接受事後告知的正義知覺；其次，團隊成員接受均等分配的情況下，事前與事後告知集體獎懲規則之正義知覺差異性，大於接受貢獻分配的情況。最後，高衝突規避的團隊成員，其正義知覺高於低衝突規避的團隊成員。本文依據研究發現提供團隊領導者實務應用建議。

關鍵詞：正義知覺、預告規則、衝突規避、公平規則

Abstract

In this study, the team members for the considerable difference between the equality rule and the contribution distribution, our experiment investigated the disturbance effect preliminary announcement on conflict avoid. An $2 \times 2 \times 2$ between-subjects factorial experimental design was used to test the hypothesis. The quantitative analysis of 353 college students participated in the study. The results obtained from this study point to several conclusions: First, team members to accept in advance to inform the rule of justice perception than to accept the after to inform the justice perception. Second, team members to accept the equal distribution of pre-and post seems superior to contribution distribution. Final, high conflict to circumvent the justice perception of the team members is higher than the low conflict averse. We provide recommendations for team leader based on above research findings.

Keywords: justice perception, preliminary announcement, conflict avoid, rules of fairness

壹、緒論

現代組織經常以工作團隊方式運作，以團隊為基礎的工作設計具有更強的環境應對彈性和反應能力，加上具有迅速組合、展開工作、調整重心等功能，這些都是團隊日益普遍熱門的原因(Robbins & Judge, 2008)。自從Homans (1961) 及Adams (1965) 提出「公平理論」以來，對於資源分配公平與否，一直是人們在乎的議題。組織要如何將資源有效之分配才符合正義呢？組織的獎懲分配原則被知覺公平公正是組織成員所關注的問題。因為，組織成員對組織管理的正義知覺可以有效預測工作態度(賴志超、鄭伯壘和陳欽雨，2001；Greenberg, 1993；Tepper & Taylor, 2003)，換言之，組織成員的態度與行為表現會受到正義知覺的影響。當組織成員正義知覺愈高，則會增加成員的工作滿意、組織承諾及組織公民行為(林淑姬、樊景立、吳靜吉和司徒達賢，1994；邱麗蓉，2003；卓正欽，2000；陳麗綺，2002；曾雅偉，2001；黃家齊，2002)。

黃光國 (1989) 綜合了相關文獻指出，分配正義原則有三：需求法則 (Need Rule) 即依照個人的需要給予資源，以滿足其需求；均等法則 (Equality Rule) 即不管個人貢獻的大小，而給予同等或等量的資源；公平法則 (Equity Rule) 是依照個人貢獻大小的比例，給予不同的資源。本研究推測，社會主義重視依需求分配資源，資本主義重視依貢獻分配資源，儒家和諧文化則重視均等分配，台灣受到資本主義及儒家文化影響至深，因此相對比較被接受的分配正義規則是貢獻分配與均等分配。組織中的工作團隊運作中，當團隊績效表現優異時，優異的團隊可能會受到團體獎勵，當團隊績效不佳時，則可能讓團隊成員共同接受懲罰(Giacobbe-Miller, Miller, & Victorov, 1998)。但是，團隊中的每個成員所表現的相對貢獻可能不一，有些成員能力較好對團體貢獻較大，有些成員則能力較差對團體貢獻較小，如何兼顧團隊價值與個人貢獻，是團隊內資源分配的重要議題，換言之，團隊成員會比較傾向接受均等分配或者貢獻分配呢？團隊獎懲分配究竟要採均等分配或者依據個體表現的貢獻分配才合理呢？此乃本研究的第一個疑問。

組織除了提供獎勵成員績效表現的機制，也會建立懲罰不當行為的機制 (Milkovich & Newman, 1996)。在組織中獎勵(award)與懲罰(punish)是激勵員工常使用的方法。獎勵是屬於正面性的效果，是一種積極的激勵(positive motivation)手段，能夠給受獎者一種自我滿足與愉悅感；而懲罰則是屬於負面性的效果，是消極的激勵，雖然也能達到部份激勵效果，但帶給受罰者是一種不愉快與痛苦之感。一般而言，積極的激勵效果遠勝於消極的效果(沈西麟，2001)。然而，還有一個重要的議題，也就是獎懲決策的過程是否符合程序正義原則，例如決策過程是否事前告知績效標準或者獎懲規則，此不僅影響當事人對於獎懲決策的正義知覺，也可能會使得獎懲分配原則與團隊成員正義知覺的關係產生改變，換言之，事前或事後告知獎懲規則可能會是前述關聯性的調節變項。這是本研究希望釐清的第二個疑惑。

緊接下來的疑問是，團隊成員的個人價值觀是否會使得獎懲分配原則與正義知覺的關係形態有所不同呢？例如團隊成員的規避衝突傾向不同，可能對於均等分配與貢獻分配的接受度不同。傳統觀點認為衝突具有破壞性，會產生敵對、緊張之負面情緒，妨礙團隊績效，無益於組織，應要避免衝突之發生 (Pondy, 1967; Jehn, 1995)；但亦有學者認為衝突對組織運作之貢獻具正面影響 (De Dreu & Van de Vliert, 1997)。同樣地，有些團隊成員認為衝突是負面的，應該儘量規避資源分配引發衝突，所以可能認為具有衝

突規避作用的資源分配原則是比較公平的；某些團隊成員認為衝突是正面的，那麼對於可能引發爭議的資源分配可能比較不會有不公平的看法。因此，高衝突規避的團隊成員對獎酬分配的正義知覺是否會高於低衝突規避團隊成員呢？換言之，對於重視和諧的衝突規避者而言，是否相對更接受均等分配呢？是本研究的第三個疑問。

基於以上所述，本研究的目的歸納如下：首先，探討團隊成員接受均等與貢獻分配原則的正義知覺是否有差異性。其次，探討在事前與事後告知獎懲分配原則的正義知覺是否有差異性；並且進一步分析不同規則告知(事前、事後)的情況下，團隊成員之獎懲分配原則與正義知覺的關連性是否具有差異性。最後，探討團隊成員的衝突規避價值(高、低)是否對正義知覺具有影響；並且進一步分析團隊成員的不同衝突規避價值觀，對於獎懲分配原則(均等分配、貢獻分配)與團隊正義知覺的關連性是否產生調節效果。

貳、文獻探討與假說

一、正義的意義、內涵、原則與整體正義知覺

何謂正義(Justice)?學者對正義的看法包括「正義是平等」、「正義是權利」、「正義是程序」(姚大志, 2007)。在華人的日常詞彙中,常將正義說成「公道」(朱堅章, 民 80),所謂「公道自在人心」。Greenberg(1990)指出正義是人類所追求的理想社會情境,也被視為提昇組織效能與增進員工滿足感的基本需求。組織正義(organizational justice)可區分為分配正義(distributive justice)、程序正義(procedural justice)與互動正義(interactional justice)。分配正義係指組織成員對於組織在進行資源分配的結果是否具公平正義(Homans, 1961),也就是個人的付出與報酬是否成正比。雖然,人們在乎決策結果的合理性,但更進一步關注的是:執行決策結果的過程或制度是否仍符合正義?謂之「程序正義」,最早由 Thibaut 與 Walker (1975) 所提出。此外,組織在做獎懲決策前所具的人性化作為,與當事人保有良善之人際溝通,深感被尊重與關懷,進而對組織產生信任感,使得獎懲決策趨於合理化,此即所謂的「互動正義」。Brockner(2002)認為程序正義有助達成分配正義,組織決策的分配正義影響個人對於分配結果的態度,程序正義則影響個人對於分配決策過程的評價,而互動正義則是個體對於組織決策過程的公正對待知覺(蔡進雄, 2005)。

正義是理解社會行為的關鍵(Cropanzano and Folger, 1989)。人們對公平的要求似乎是與生俱來的,當組織成員認為組織所訂定人事制度或決策未符合公平時,這樣的制度便失去了對組織成員的激勵作用。實證文獻一致指出正義知覺與個體態度行為關係密切,例如 Masterson, Lewis, Goldman & Taylor (2000) 研究指出互動正義知覺與領導者部屬關係有關。Moorman (1991) 研究證實組織成員的正義知覺與工作態度及工作行為間均存在正向關係; Barling & Phillips (1993) 研究結果顯示個體的組織正義知覺會影響其對管理者的信任、情感承諾與退縮行為; Gellatly (1995) 研究指出互動正義與組織承諾正相關且與曠職行為負相關。總之,組織成員的分配正義、程序正義與互動正義知覺對於工作態度具有重要的影響(羅新興、戚樹誠、黃國隆, 2005; Andrews, Baker and Hunt, 2008)。

雖然許多文獻分別探討正義的不同內涵,但是決策正義知覺經常是整體性的知覺,

意即個體對於組織在分配資源、決定各種獎懲措施時的整體正義性看法(吳華春, 2002)。雖然整體正義知覺包含了分配正義、程序正義與互動正義的內涵, 本研究認為分配正義對整體正義知覺具有支配性影響, 因此本研究雖然自變項是分配正義的資源分配法則(貢獻分配與均等分配), 但是因變項則是整體正義知覺。如前所述, 資源分配的貢獻法則是指分配的決策依據當事人的相對貢獻, 均等法則是指不論當事人投入貢獻而以人數平均為之(廖佳君, 2007)。獎酬分配乃主管對於調薪、獎金分配、及相關人事活動的決策脈絡 (Rousseau, 1997)。尤其在團隊運作普及的現代組織, 團隊內的獎酬分配攸關團隊成員的協調合作(謝明玉, 2002)。

然而, 團隊成員對於貢獻分配與均等分配二者, 哪種分配方法是比較被認為是公平呢? 基本上, Adams(1965)的公平理論所主張的就是貢獻分配, 該理論認為當個體的投入與報償與參考對象得比率相當時, 個體才會認為是公平的, 這種觀點的影響就是資本主義的競爭觀念。東方社會受到儒家文化的深遠影響, 人際和諧是相當重要的價值(黃光國, 1991), 在華人社會中的正義觀點並非單一標準, 黃光國(1991)認為華人對於自己人或者比較熟識的親朋好友比較傾向均等分配, 只有在陌生人或者不熟識的外人, 才會使用所謂的貢獻法則。該主張主要的論點, 就是華人相對西方人重視和諧, 無論是真和諧或者客氣的假和諧, 對華人而言, 因為競爭而撕破臉會讓人際關係產生緊張, 是不符合華人相處的群體規範。此外, 團隊運作的組織型態, 或許強調團隊間競爭, 但是應該都會強調團隊內合作, 既然要合作, 則團隊內的和諧是重要的, 所以本研究推測團隊成員對均等分配的正義知覺會高於貢獻分配。根據以上論述, 本研究提出假說 1 如下:

假說1：團隊成員接受均等分配的正義知覺高於接受貢獻分配的正義知覺。

無論是人們對於政治、社會、司法等決策的社會正義知覺, 或者人們對於組織資源分配的組織正義知覺, 都隱含了程序正義的觀念 (Scholl et al., 1987)。郭秀鳳(2010)指出Leventhal(1980)支持Thibaut and Walker(1975)的論點, 認為在任何資源與酬勞分配的決策過程裡, 程序正義是個人公平知覺的重要決定因素。如果程序被認定是公平的, 即使分配結果不利於己, 也可能認為此分配的結果是公平的。程序正義有放大正面作用的效果(Brockner & Wiesenfeld, 1996)。前述文獻認為程序正義有助於達成分配正義, 所以程序正義是整體正義知覺的重要來源與內涵, 所謂程序正義是指組織在進行獎懲決策, 所依據的制度、標準或進行過程是否符合公正原則 (張嘉芷, 2006; 沈西麟, 2001)。在程序正義的意涵中, 決策當事人有沒有參與過程、事前是否知道決策標準與規則、資訊是否公開、有無申訴機會、決策依據的證據以及是否受尊重等, 都是攸關當事人正義知覺的重要因素(Folger & Cropanzano, 1998)。本研究推測事前告知團體獎懲的規則會比沒有事後告知, 可以導致當事人對決策較高的正義知覺, 故本研究提出假說2如下:

假說 2：團隊成員接受事前告知集體獎懲規則的正義知覺高於接受事後告知的正義知覺。

如前所述, 華人應該是對均等分配是比較接受的, 不過, 台灣社會的華人同受東方儒家和諧文化與西方資本主義的競爭文化影響, 同時具有高傳統性與高現代性的價值觀(楊國樞、余安邦, 1994)。本研究推測現代台灣社會中的人們, 人際互動的基本共識是現代資本主義觀念, 如果沒有事先聲明, 貢獻分配應該是人們對資源分配的前提假定, 但是如果事先聲明, 均等分配會比較符合團隊成員間需要維持和諧的潛在規則。也就是

說，因為團隊成員對於團隊獎懲採取貢獻分配比較有共識，所以事前與事後告知團隊獎懲規則的整體正義知覺差異性比較小，但是如果集體獎懲採取均等分配時，並於事前告知，團隊成員會樂於接受，但若事後告知，則不符合團隊成員原先的前提假定，所以事前與事後告知均等分配規則的整體正義知覺差異性會相對較大。依據此論述邏輯，本研究提出假說3如下：

假說 3：團隊成員接受均等分配的情況下，事前與事後告知集體獎懲規則的正義知覺差異性，大於接受貢獻分配的情況。

二、衝突規避價值與正義知覺的關係

每個人的價值觀多少會受到文化價值的影響，例如西方人受到基督教義的影響，相信上帝是萬物的主宰，因此相信世界上存在一個人們終將獲得其所應得的公正世界，意即正義世界信念(belief in a just world):個體對於存在一個公正世界的相信程度(Rubin & Peplau, 1975)，有人覺得努力必當獲得對等回報，做好事必得好的結果，相信這個世界是公平的；反而言之，有些人則認為一切對待大部分跟運氣有關，所以他不相信人們終將獲得他應得的，世界不存在公正。如前所述，台灣社會的華人，人們深受儒家文化的和諧價值影響，黃光國(民 80)指出依照儒家的理想，社會交往的規範是以「和為貴」，個人必須盡力和他人保持和諧的關係，設法顧全他人的面子。楊國樞、余安邦(民 83)以社會互動的觀點，說明中國人的社會傾向融合性為重，強調個體如何經由順服、配合融入社會環境與自然環境，努力與週遭保持和諧關係；傳統中國人對不和諧或衝突會形成焦慮至恐懼。

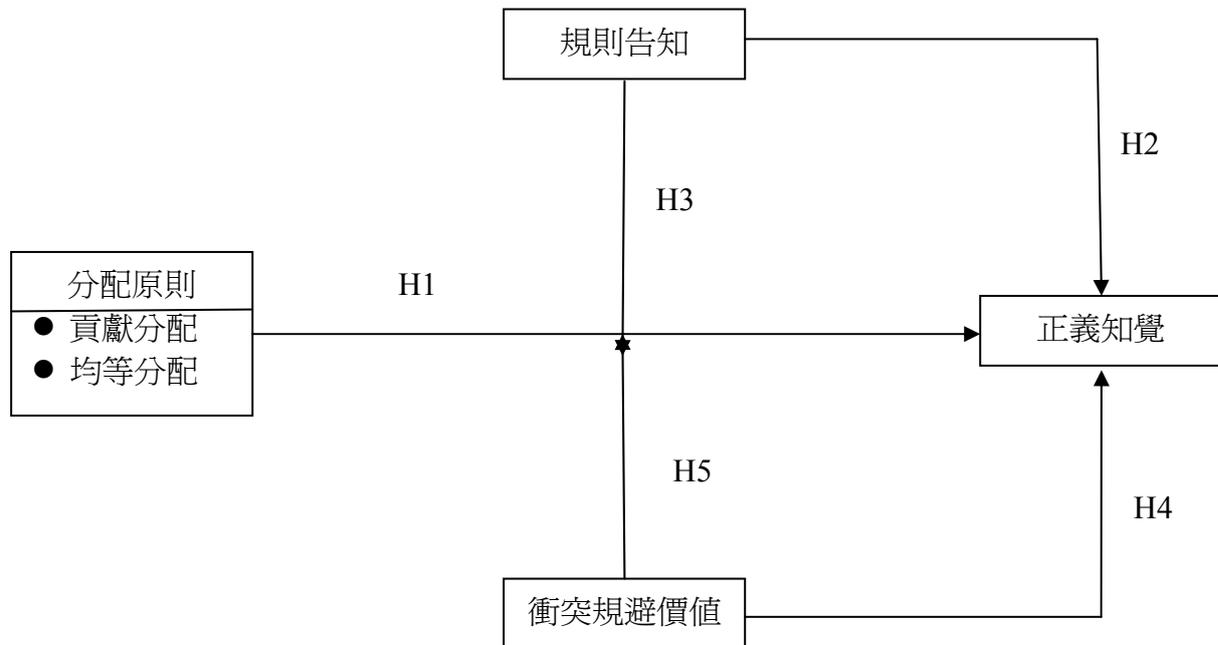
團隊中的成員因價值觀不同，衝突(conflict)的產生是不可避免。衝突係指不相容(incompatibility)的知覺(Boulding, 1963)或是感受意見差異與人際緊張(Jehn, 1995)。組織內衝突一直是許多實證研究的探討焦點(Amason, 1996; Amason & Schweiger, 1994; Jehn, 1995; 1997; Jehn & Mannix, 2001; Pondy, 1967)。衝突管理也是團隊主管的重要工作 (Deutsch, 1973)。衝突的觀點因人而異，有些人比較可以接受人際間出現衝突，有些人則對於人際衝突會產生焦慮，換言之，某些衝突規避價值高者，比較不能接受人際間出現衝突，相對地，某些衝突規避價值低者，視衝突為組織內或團隊內的自然現象，甚至主張衝突應該管理(Deutsch, 1973)。本研究推測，對於重視人和諧的衝突規避高傾向者而言，他可能會因為希望不要有爭議，所以知覺團隊獎懲規則是公平的。因此，本研究提出假說 4 如下：

假說 4：高衝突規避的團隊成員的正義知覺高於低衝突規避者。

重視和諧價值的組織中，爭論與衝突是讓華人焦慮且不舒服的，所以華人通常對於熟悉的人比較會採用均等法則(黃光國, 1989)，而團隊成員彼此間就是屬於比較熟識的人。一般而言，人口統計背景愈相似或價值觀愈契合的個人或群體，其發生衝突的可能性就愈低(Jehn, 1997; Jehn & Mannix, 2001)。本研究推測在團隊成員會擔心按照個體貢獻來獎懲會產生爭議，為了團隊和諧，所以高衝突規避者可能認為採均等分配比貢獻分配公平；反而言之，低衝突規避者的團隊成員可能比較接受依據相對責任歸屬來究責比較公平。因此，本研究提出假說 5 如下：

假說 5：高衝突規避的團隊成員接受均等分配之正義知覺高於貢獻分配者，低衝突規避的團隊成員接受貢獻分配之正義知覺高於均等分配者。

歸納假說 1 至假說 5 的變項間關係，本研究的觀念性架構如下圖所示。



參、研究方法

一、變項衡量

本研究以大學生的分組學習進行真實現場實驗，將全班學生區分若干組實施分組學習、抽樣評量、集體加(扣)分，然後以問卷詢問學生對集體加(扣)分的看法。所使用的變項的衡量問卷包括正義知覺量表、正義信念量表及社會期許量表。其中，正義知覺量表是由研究者依據實驗情境自行編撰的6題，正義信念衡量則採用Rubin & Peplau(1975)的量表，另外，為了避免社會期許偏誤(Social Desirability bias)影響研究結果，本研究也衡量受試者的社會期許以進行統計控制，社會期許的衡量採用Hay、Hayashi 及Stewart (1989)所發展的5 題量表，分別以李克特六尺度量表(Likert-type Scale) 衡量之，其中「1」代表「非常不同意」、「2」代表「相當不同意」、「3」代表「有點不同意」、「4」代表「有點同意」、「5」代表「相當同意」、「6」代表「非常同意」。由於正義知覺係由研究者依據實驗情境所自行編撰題目，因此進行探索性因素分析，使用最大變異轉軸法進行轉軸，因素分析結果萃取一個共同因素(因素負荷量如表1)，其各題的因素負荷量均達0.9 以上，累積解釋變異量為85.99%。

表 1：正義知覺之因素分析結果

衡 量 題 項	因 素 正義知覺
1.我覺得老師今天採取合作學習且集體加(扣)分的結果是公平的。	0.92
2.我覺得老師今天採取合作學習且集體加(扣)分的結果是合理的。	0.94
3.我覺得老師今天採取合作學習且集體加(扣)分的結果是有正當性的。	0.94
4.我覺得老師今天採取合作學習且集體加(扣)分的過程是公平的。	0.90
5.我覺得老師今天採取合作學習且集體加(扣)分的過程是合理的。	0.95
6.我覺得老師今天採取合作學習且集體加(扣)分的過程是有正當性的。	0.92

二、研究對象

本研究以大學生為研究對象，採取「團隊學習、抽樣評量、集體獎懲」的方式進行實際教學情境的實驗。受試者分布在八個企管系與行銷系的班級。本研究問卷回收 390 份，無效問卷 37 份，有效問卷 353 份，有效回收率為 91%。其中該組為獲得加分組（接受獎勵）之受試者計 167 位（47%）、該組為獲得扣分組（接受懲罰）之受試者計 186 位（53%）；受試者為當事人（答題者）計 120 位（34%）、受試者為關係人（非答題者）計 233 位（66%）；受試者為擔任小組長計 119 位（34%）、受試者為擔任小組成員計 243 位（66%）；男性受試者計 79 位（22%）、女性受試者計 274 位（78%）；大一受試者計 262 位（74%）、大二受試者計 82 位（23%）、大三受試者計 7 位（2%）、大四受試者計 2 位（1%）。

三、實驗過程

實驗開始由研究者向授課班級同學說明將進行「團隊學習、抽樣測驗、集體加(扣)分」的教學過程，首先，將受測班級分為若干組（以 3 人為一小組），自行推舉出小組長（A）、小組成員（B、C），事前說明集體獎懲規則組，於此時說明團隊合作學習之獎懲分配原則，意即三人合作研討學習，然後抽選 1 位成員接受測驗，依據該同學測驗結果全組加(扣)分，有些班級採用貢獻分配，也就是答題者（當事人）答對加 5 分/答錯扣 5 分，非答題者（關係人）答對加 3 分/答錯扣 3 分；有些班級採均等分配，也就是答題者（當事人）及非答題者（關係人）答對與答錯都加（扣）5 分。當所有同學明瞭獎懲分配原則後，隨即發下學習講義（內容為損益平衡分析）進行 10 分鐘之分組學習，於該分組學習後立即進行施測，各組抽出一位同學代表接受測驗，題目針對講義內容設計一題計算題，測驗評量時間 10 分鐘，隨即收卷批改考卷後公佈加（扣）分組別。事後告知集體獎懲的班級，則於此時才宣布加(扣)分規則。最後，請所有受試者進行問卷填答，填答完畢由受試者自行將問卷置回信封袋內並親自彌封。問卷回收完畢後，告知同學整個情節是實驗過程，由研究者致歉並贈送每位受試者小禮品。

肆、資料結果與分析

一、變項的平均數、標準差與變項間相關係數

本研究隨即統計各變項的平均數、標準差以及變項間的簡單相關係數，以作為後續解讀統計分析結果的參考，其相關分析結果如表2。其中，規則告知與正義知覺有正向的關連性 ($r=.30, p<.01$)，換言之，受試者接受事前規則告知，則其正義知覺愈高。再者，衝突規避與正義知覺有正向的關連性 ($r=.36, p<.01$)，意即受試者的衝突規避價值愈高則集體獎懲的正義知覺愈高。

表 2：平均數、標準差、相關係數與量表內部一致性

變項	Mean	S.D	1	2	3	4	5	6	7
1 角色	0.34	0.47							
2 性別	0.22	0.42	.03						
3 獎懲分配原則	0.52	0.50	.00	-.01					
4 規則告知	0.50	0.50	.01	.10	-.05				
5 衝突規避	4.07	0.78	.10	.04	.06	.14**	(.55)		
6 正義知覺	3.12	1.33	.07	.03	.02	.30**	.36**	(.56)	
7 社會期許	3.85	0.66	.05	-.09	-.07	.03	.03	.14*	(.97)

註：除社會期許及正義知覺為數量尺度外，其餘變項均為 0,1 變項。角色：答題者(當事人)為 1、關係人(非答題者)為 0，性別：男生為 1、女生為 0，分配原則：均等分配為 1、貢獻分配為 0，規則告知：事前告知為 1，事後告知為 0，衝突規避：高為 1、低為 0；括弧數字為內部一致性；* $p<.05$ ，** $p<.01$ ； $N=353$ 。

二、假說檢定

本研究利用一般線性模型 (GLM) 進行假說檢定 (GLM 允許類別與數量變項同時納入自變項)，模型中除了將獎懲分配原則、規則告知、衝突規避價值放入模型為自變外，並將受試者角色、性別及社會期許等變項納入統計控制。本研究以獎懲分配原則、規則告知對正義知覺的主效果分別為檢定假說1、假說2；以獎懲分配原則、規則告知對正義知覺的交互作用檢定假說3；以衝突規避價值對正義知覺的主效果檢定假說4；以獎懲分配原則和衝突規避價值對正義知覺的交互作用檢定假說5。資料分析結果彙整如表3、表4及表5。

表 3：正義知覺上的一般線性模型分析結果

預測變項	平方和	自由度	平均平方和	F 值
角色(當事人、關係人)	1.44	1	1.44	0.97
性別(男、女)	0.01	1	0.01	0.01
社會期許	9.92	1	9.92	6.70**
獎懲分配原則(均等、貢獻)	1.08	1	1.08	0.73
規則告知(事前、事後)	47.31	1	47.31	31.97***
衝突規避價值(高、低)	33.92	1	33.92	22.92***
獎懲分配原則*規則告知	4.95	1	4.95	3.35+
獎懲分配原則*衝突規避價值	2.95	1	2.95	2.00
誤差	509.09	344	1.48	
總和	4069.89	353		

註：變項編碼規則如表 3； * $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$ ，+ $p < .10$ ； $N=353$ 。

表 4：獎懲分配原則與規則告知在正義知覺上之平均數及標準差

		獎懲分配原則					
		貢獻		均等		合計	
		Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D
規則告知	事後告知	2.86 ^a	0.15	2.74 ^a	0.14	2.80 ^a	0.11
	事前告知	3.37 ^a	0.13	3.72 ^a	0.14	3.54 ^a	0.10
	合計	3.12 ^a	0.11	3.23 ^a	0.10		

a：評估模型中之共變量：社會期許=3.85。

表 5：獎懲分配原則與衝突規避在正義知覺上之平均數及標準差

		獎懲分配原則					
		貢獻		均等		合計	
		Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D
衝突規避	低	2.89 ^a	0.14	2.82 ^a	0.14	2.86 ^a	0.10
	高	3.34 ^a	0.15	3.64 ^a	0.14	3.49 ^a	0.11
	合計	3.12 ^a	0.11	3.23 ^a	0.10		

a：評估模型中之共變量：社會期許=3.85。

資料分析結果說明如下：首先，資料分析結果發現接受均等或貢獻分配集體獎懲的正義知覺並無顯著差異($F=0.73, p > .10$)；換言之，接受均等分配原則者的正義知覺($M=3.23$)與接受貢獻分配者的正義知覺($M=3.12$)並無顯著差異。故假說1未獲得資料支持。其次，資料分析結果發現接受事前與事後規則告知的正義知覺有顯著的差異性($F=31.97, p < .001$)；換言之，接受事前規則告知者的正義知覺($M=3.54$)高於接受事後規則告知者的正義知覺($M=2.80$)。故假說2獲得資料支持。進一步觀察交互作用檢定結果發現，規則告知與獎懲分配原則對正義知覺具有交互作用影響($F=3.35, p < .10$)；觀察圖1發現，

均等分配在事前告知的情況下的正義知覺 ($M = 3.72$)與事後告知的正義知覺($M=2.74$)二者的差異性，高於貢獻分配者在事前告知的正義知覺($M = 3.37$)與事後告知的正義知覺($M = 2.86$)二者的差異性。故假說3獲得資料支持。最後，資料分析結果發現衝突規避價值高低對正義知覺有顯著的影響($F = 22.92, p < .001$)，換言之，高衝突規避價值的正義知覺($M = 3.49$)顯著高於低衝突規避價值的正義知覺($M = 2.86$)，故假說4獲資料支持。就交互作用分析結果發現，獎懲分配原則與衝突規避價值對正義知覺的交互作用並無顯著影響($F = 2.00, p > .10$)。因此，假說5並未在本研究資料中獲得支持。

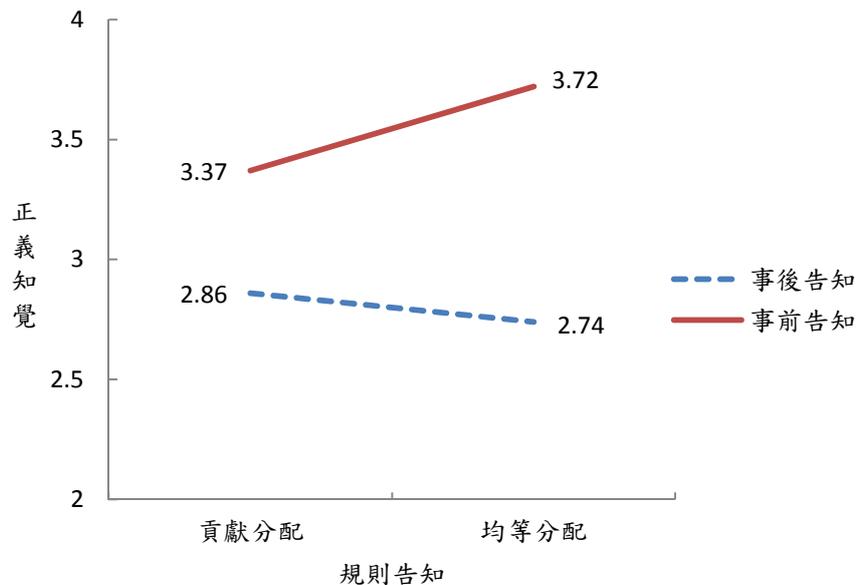


圖1. 獎懲分配原則與規則告知對正義知覺的交互作用示意圖

三、綜合討論

上述資料分析結果顯示團隊的獎懲規則無論是採用均等分配或者貢獻分配，團隊成員都比較希望領導者能夠事前告知規則。這意味著事前溝通是團隊成員對於獎懲決策正義知覺的重要影響因素，尤其是團隊領導者若希望採用均等分配的規則，更需要在事前告知，或許依據相對貢獻來分配獎懲已經是現代人的普遍共識，如果要採用均等法則分配集體獎懲，則必須要事前說明，否則團隊成員無法認知這個集體獎懲決策是公平的。此外，對於高衝突規避價值的團隊成員而言，因為他傾向於維持團隊和諧，所以無論團隊領導者最終採用哪種獎懲決策，他都會比較能夠接受而具有較高的正義知覺。

伍、結論與建議

一、結論與管理建議

本研究以大學生分組學習為實驗情境，探討團隊成員對獎懲採均等或貢獻分配的正義知覺。資料分析結果獲得幾項有義意的發現。首先，團隊成員接受事前告知的正義

知覺高於接受事後告知的正義知覺，依據人們的自利性假定，團隊成員在事前告知規則能讓成員預先有接受獎勵或懲罰的心理準備；當事後告知獎懲規則時，成員因而在程序上造成情緒不滿而覺得不公平。其次，本研究發現團隊成員在事前告知情況下，接受均等分配的正義知覺高於貢獻分配；團隊成員在事後告知情況下，接受貢獻分配的正義知覺高於均等分配，換言之，均等分配是否事前告知對正義知覺的影響大於貢獻分配。根據上述發現，建議團隊領導者應該在進行任務前就先宣布集體獎懲規則，尤其是在領導者準備採取均等分配集體獎懲時，事前告知集體獎懲分配的規則更顯重要。最後，本研究發現或許是因為華人重視和諧價值有關，在華人社會中衝突與爭論是不被鼓勵的，因此高衝突規避價值的團隊成員會對於集體獎懲的接受度相對較高，雖然資料分析未達顯著，還是可以觀察到高衝突規避者，認為均等分配比貢獻分配更公平。建議團隊領導者在制定集體獎懲決策時，要了解是否大多數團隊成員的價值觀傾向規避衝突，若此，建議儘量採用均等分配。

二、研究限制與後續研究建議

本研究在方法上有若干瑕疵，建議後續研究可以避免。本研究是以答題者與非答題者均在該組答對加5分/答錯扣5分來操弄均等分配，但在均等分配時則整個實驗過程缺乏答題者與非答題者均在該組答對加3分/答錯扣3分。雖然本研究沒有在實驗操弄上達到平衡對抗的嚴謹控制目的，不過，由於本研究採用受試者間設計，所以受試者沒有同時經歷加(扣)5分或加(扣)3分，產生的瑕疵應該不至於嚴重影響研究結果。縱然如此，建議後續研究可以更嚴謹地進行實驗操弄。此外，仍有許多可能影響集體獎懲正義知覺的因素，需要納入實驗控制或統計控制，例如團隊的凝聚力，甚至團隊的集體責任共識，建議後續研究可以朝向這些團隊層次的系絡因素進行分析。

參考文獻

- [1] 朱堅章(1991)。泛談正義—生活中的公道，見戴華、鄭曉時主編，正義及其相關問題。中央研究院中山人文社會科學研究所專書(28)。台北：南港。
- [2] 吳明隆、涂金堂(2009)。SPSS與統計應用分析(二版)。台北：五南。
- [3] 吳華春(2002)。由正義知覺與關係品質的觀點探討領導者權力對員工工作投入影響之實證研究。國立國防管理學院資源管理研究所碩士學位論文。
- [4] 吳隆明(2006)。SPSS統計應用學習實務：問卷分析與應用統計(3版)。臺北：知城數位科技。
- [5] 沈西麟(2001)。公務人員獎勵制度之評估與發展。銘傳大學公共管理與社區發展研究所碩士在職專班碩士學位論文。
- [6] 卓正欽(2000)。組織中分配正義與程序正義對員工組織承諾、工作滿意及離職傾向之影響—以會計師事務所為探討對象。國立臺灣大學商學研究所碩士學位論文。
- [7] 林淑姬、樊景立、吳靜吉和司徒達賢(1994)。薪酬公平、程序公正與組織承諾、組織公民行為關係之研究。管理評論，第十三卷，第二期，頁 87-108。
- [8] 邱麗蓉(2003)。組織公平與組織公民行為關係之研究—以苗栗縣國民小學為例。私立淡江大學教育政策與領導研究所碩士學位論文。
- [9] 姚大志(2007)。何謂正義·當代西方政治哲學研究。中國：人民出版社。
- [10] 郭秀鳳(2010)。認知投資員工成長對員工離職意圖關係之研究—以程序正義為干擾因素。國立臺北大學企業管理學系碩士學位論文。
- [11] 陳麗綺(2002)。台灣與大陸企業組織公正、員工工作滿意與組織公民行為之比較研究。大葉大學國際企業管理研究所碩士學位論文。
- [12] 戚樹誠、羅新興(2001)。組織成員的正義知覺與團體認同之關聯性研究—以國防大學成員為樣本。第九屆國防管理學術暨實務研討會論文集(光碟版)，台北。
- [13] 曾雅偉(2001)。組織正義與組織承諾對組織公民行為的影響。私立大同大學事業經營研究所碩士學位論文。
- [14] 黃光國(1991)。中國人的心理與行為 1989—儒家思想中的正義觀。台北：桂冠圖書公司。
- [15] 黃家齊(2002)。組織公正與組織公民行為—認知型與情感型信任的中介效果。臺大管理論叢，第十二卷，第二期，頁 107-141。
- [16] 楊國樞、余安邦(1994)。中國人的社會取向，中國人的心理與行為—理念與方法篇。台北：桂冠圖書公司。
- [17] 蔡進雄(2005)。組織正義對學校行政領導的啟示。學校行政雙月刊，第 35 卷，頁 145-151。
- [18] 廖佳君(2007)。組織正義對組織承諾影響之研究—以組織信認為中介及干擾變項。國立臺南大學教育經營與管理研究所碩士學位論文。
- [19] 賴志超、鄭伯壘和陳欽雨(2001)。台灣企業員工組織認同的來源及其效益。人力資源管理學報，第一卷，第一期，頁 27-51。
- [20] 謝明玉(2002)。由人格特質探討獎懲決定之公平知覺。私立元智大學管理研究所碩士學位論文。

- [21] 羅新興、戚樹誠、黃國隆(2005)。受評者對績效評核的程序正義知覺之前因及其影響。管理學報，第22卷，第3期，頁341-358。
- [22] Adams, J. S.(1965). Inequity in social exchange, *Advances in Experimental Social Psychology*, 2, 267-299.
- [23] Amason, A. C. & Schweiger, D. M.(1994). Resolving the paradox of conflict, strategic decision making and organizational performance, *International Journal of Conflict Management*,5:239.
- [24] Amason, A. C.(1996). Distinguishing the effects of functional and dysfunctional conflict on strategic decision making: Resolving a paradox for top management teams, *Academy of Management journal*,39:123
- [25] Andrews, Martha C., Thomas L. Baker, and Tammy G. Hunt.(2008). The Interactive Effects of Centralization on the Relationship Between Justice and Satisfaction, *Journal of Leadership and Organizational Studies*, 15 (2), 135-144.
- [26] Barling, J., & Phillips, M.(1993). Interactional, Formal, and Distribution Justice in the Workplace:A Exploratory Study, *Journal of Psychology Interdisciplinary & Applied*, 127(6), 649-656.
- [27] Boulding, K.(1963). *Conflict and defense*, New York: Harper & Row.
- [28] Brockner, J. & Wiesenfeld, B. M.(1996). An integrative framework for explaining reactions to decisions: the interactive effects of outcomes and procedures, *Psychological Bulletin*, 120(2), 189-208.
- [29] Brockner, J.(2002). Making sense of procedural fairness: how high procedural fairness can reduce or heighten the influence of outcome favorability, *Academy of Management Review*, 27(1), 58-76.
- [30] Cropanzano, R. & Folger, R.(1989). Referent cognitions and task decision autonomy: Beyond equity theory, *Journal of Applied Psychology*, 74, 293-299.
- [31] De Dreu, C. K. W. & Van de Vuert, E.(1997). Using conflict in organizations,CA: Sage.
- [32] Deutsch, M.(1973). The Resolution of Conflict. New Haven, CT : Yale University Press.
- [33] Folger, R. & Cropanzano, R.,(1998). *Organizational Justice and Human Resource Management*, SAGE Publications, Inc.
- [34] Gellatly, I. R.(1995). Individual and Group Determinants of Employee Absenteeism: Test of A Causal Model, *Journal of Organizational Behavior*, 16, 469-485.
- [35] Giacobbe-Miller, J., Miller, J., Miller, D. J., Victorov, V. I.(1998). A comparison of Russian and U. S. pay allocation decisions, distributive justice judgment, and productivity under different payment conditions, *Personnel Psychology*, 51:137-163.
- [36] Greenberg, J.(1990). Employee theft as a reaction to underpayment inequity: The hidden cost of pay cuts, *Journal of Applied Psychology*, 75, 561-568.
- [37] Greenberg, J.(1993). The social side of fairness: Interpersonal and informational classes of organizational justice. In R. Cropanzano(Ed.), *Justice in the workplace: Approaching fairness in human resource management*, 79-103. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- [38] Homans, G. C.(1961). *Social behavior : Its elementary forms*, New York: Harcourt, Brace & World.

- [39] Jehn, K. A.(1995). A multimethod examination of the benefits and detriments of intragroup conflict, *Administrative Science Quarterly*, 40(2): 256-282.
- [40] Jehn, K., Mannix, E. A.(2001). The dynamic nature of conflict: A longitudinal study of intragroup conflict and group performance, *Administrative Science Quarterly*, 44(2):238
- [41] Jehn, K.(1997). A qualitative analysis of conflict types and dimensions in organizational groups, *Administrative Science Quarterly*, 42:530
- [42] Masterson, Suzanne S., Lewis, Kyle, Goldman, Barry M. & Taylor, M. S.(2000). Integrating justice and social exchange: The differing effects of fair procedures and treatment on work relationships, *Academy of Management Journal*, 43(4): 736-748.
- [43] Milkovich, G. T., & Newman, J. M.(1996). *Compensation* (5 ed.). Boston: Richard Irwin, Inc.
- [44] Moorman, R. H.(1991). Relationship between organizational justice and organizational citizenship behavior: Do fairness perceptions influence employee citizenship ? , *Journal of Applied Psychology*, 76: 845-855.
- [45] Pondy, L. R.(1967). Organizational conflict: Concepts and models, *Administrative Science Quarterly*, 12:296-320.
- [46] Robbins, S. P. & Judge, T. A.(2008). *Essentials of organizational behavior*, 9th (Ed), 198, Tsang Hai Book Publishing Co.
- [47] Rousseau. D. M.(1997). Organizational behavior in the new organizational era, *Annual Review of Psychology*, 30, 243-281.
- [48] Rubin, Z. & Peplau, A. (1975). Who believes in a just world? , *Journal of Social Issues*, 31, 65-89.
- [49] Scholl, R. W., E. A. Cooper and J. F. McKenna(1987). Referent Selection in Determining Equity Perceptions: Differential Effects on Behavioral and Attitudinal Outcomes, *Personnel Psychology*, 40 (1), 113-124.
- [50] Tepper, B. J., & Taylor, E. C.(2003). Relationships among supervisors' and subordinates' s procedural justice perceptions and organizational citizenship behaviors, *Academy of Management Journal*, 46(1), 97-105.
- [51] Thibaut, J., & Walker, L.(1975). Procedural justice: *A psychological analysis*, Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

台灣餐飲業套餐菜單的規劃趨勢及營運績效 提升作法

On the Trend of Set Meal Menu Planning and the Method to Promote the Performance of Catering Industry in Taiwan

林政忠

Cheng-Chung Lin

健行科技大學通識中心

兼任助理教授

jacky@uch.edu.tw

摘 要

餐廳套餐之規劃可預先進行後勤製程及食材管理，配合外場人員的推薦，降低尖峰時間後勤壓力，提高翻桌率，並可連結服務流程的操作，加速客人點餐頻率，減少每桌客人上菜之間的等候落差，以降低人力訓練的時間成本，更促進座位利用率的提高。然而近年來，套餐商品在台灣餐飲業的菜單結構比重中仍不斷上升，究其原因，與餐飲業的展店發展趨勢、立地條件改變、市場競爭力強化有密切之關係，故本文將台灣坊間餐廳主要的套餐運用做法做一梳理，並運用零售業的商品結構分析做法，使吾人等能較清楚窺探現今業界套餐規劃做法的目的，以及實務上操作之經驗和成果。

關鍵詞：組合套餐菜單、固定套餐菜單、開放式銷售法、升級體驗法、時段性管理

Abstract

In a restaurant, set meal planning with logistic process and food management performed ahead, conspiring with recommendation of waiters, can relieve peak-time pressure on logistic staff, promote turnover rate, standardize service flow, speed customers' ordering, and reduce the time for waiting for serving dishes such that the time and budget for staff training can be lowered and seat occupancy rate can be raised. Due to the trend of store expansion in catering industry, changes in site conditions, and enhancement in market competitiveness, the proportion of set meal plan has been recently growing in the menu structures of the catering industry in Taiwan. Accordingly, an attempt is made in this study to analyze the prevailing modes for planning set meals used by restaurants in Taiwan. The commodity structure analysis used by retail business is also invoked to give more insight into the purposes of set meal planning in catering business as well as the experience and performance in practice.

Keywords: set meal menu with choice, set meal menu without choice, open-choice selling method, upgrading experience method, time-limited management

壹、台灣套餐快速發展的背景因素

菜單依照餐飲供餐的性質，可分為套餐菜單、單點菜單及混合式菜單三種，¹但過去台灣餐飲業對於套餐菜單的編制較不關注，主要原因有三：

- 一、餐飲業競爭不像今日那麼激烈，利用套餐管理模式來強化市場競爭的觀念尚未足夠建立。
- 二、過去各餐廳比較依賴廚師來掌控整個廚務流程，因此也尊重師傅其本職學能來開菜單，較無參酌其他市場或行銷觀點來調整菜單的組合形式。
- 三、餐飲連鎖化發展未如今日迅速，因此適合連鎖化發展的套餐菜單並未盛行。

反之，今日在菜單的規劃中，套餐的比重在菜單中不斷增加，甚至許多餐廳只供應套餐，其原因可分為下列數點：

- 一、廚師個人創業或小型個性化餐廳的開設越來越多，礙於人手的限制以及思考到製備流程的控制，套餐反而成爲菜單中的主角，以求後勤管理操作順暢。
- 二、連鎖餐飲通路品牌發展快速，爲便於連鎖展店發展及管理標準化的進行，降低人爲因素所造成的品質落差；套餐型態的菜單遂成爲要發展連鎖餐飲業者的重要規劃做法，部分著名連鎖品牌的餐廳在特定商圈甚至只提供一種套餐菜單以供消費者選擇。
- 三、百貨公司、購物中心、觀光遊樂休閒區、醫院等封閉式商圈的餐飲型態發展快速增加，這些地點的廚房空間有限，加上客層消費需求的屬性，以套餐型態做規劃較能發揮營運效率及確保一定的客單價。
- 四、對於某些較高市場定位的餐廳來說，套餐的規劃較能妥善安排服務流程，方便附屬商品及餐具的安排，也較能降低外場服務人員的壓力，充分掌握餐廳的運作情形。

在上述的思考背景下，套餐菜單規劃已成爲現在餐廳管理運作中不可忽視的一部分，更是確保單價及利潤的重要手段之一，必須有系統地加以梳理，以呈現台灣餐飲史上的一個重要發展脈絡。其次，過去許多菜單的規劃方式皆以廚師的經驗及技術作爲導向，在市場競爭中，其包裝及行銷模式未必能得到消費者的肯定；然而，時代趨勢積極的變化，服務業以消費者爲導向的時代已經來臨，本文所整理的內容及觀點，可以給坊間許多從事餐飲業的人士一個參考，有助於競爭力的提升，更是一個餐廳未來邁向連鎖化經營的必經步驟。再者，目前在各類餐廳中，套餐化的比例升高，更考量到後勤的管理的簡化，也就是營運面操作的順暢與否，是故，此文撰寫之目的，乃立基於上述思維而產生。

在研究方法上，本文主要是運用零售業的商品結構分析法對菜單進行分析，因爲凡是一通路的商品結構布局，一定有其商圈屬性、消費者屬性、行銷目的的考量。而擬定此一對策，多依照實務經驗法則進行擬定，日後再根據實際消費者的反映，適度進行修正；據此，爲求菜單樣本之代表性，所選案例均非新開餐廳，而以有一定時間之實際操作經驗的餐廳爲主。而此種商品結構分析做法，在流通零售業中，乃一常見的實務性分析方式，近年來，則引入餐飲業中，以消費者及消費趨勢爲導向，進行規劃，以求達

¹ 高琦、蔡曉娟《菜單設計與成本控制》頁 44。新北市:揚智文化事業(2012)。

成營運上的最大績效。

貳、規劃套餐菜單之目的及基本營業策略

一般而言，套餐的制定有幾項目的如下：

一、出餐快速，便於管理

套餐規劃可預先進行製程及食材管理，配合外場人員的推薦，降低尖峰時間後勤壓力，提高翻桌率；而這也間接說明為何早期套餐多以商業午餐型式出現在都會區餐廳當中的原因。而進一步來說，套餐可連結服務流程的操作，加速客人點餐頻率，減少每桌客人上菜之間的等候落差，降低人力訓練的時間成本，更促進座位利用率的提高。

二、創造吸引消費者入店的理由

套餐可藉由特定商品價格之優惠，亦或物超所值之商品組合，降低餐廳原本較高消費之門檻，使消費者較容易進入店內消費。過去部分餐廳市場由於定位較高，價格往往不夠平易近人，也導致部分的消費者在預算的考量下裹足不前，而套餐所提供較優惠的價格及較高之 CP 值(性價比)，在搭配時段性的操作之下，可以開發出更廣泛的消費族群。

三、更具食材的管理效率，加速製備出餐

套餐的規劃既然可吸引消費者的點購，則更可促進特定食材的使用，達到採購及製作上的規模效應，並可以計畫性的預估進行備料及調理，降低食材的耗損，提升供餐的速度。

四、提高客單價

一般消費者若進入餐廳只單點某樣飲食，單價勢必較低，套餐的策略性包裝提供較高之 CP 值(性價比)，會模糊消費者對商品價值之判斷，帶給消費者物超所值之感，進而點選套餐，不僅可擴大消費動能，也連帶提高客單價，創造消費者與餐飲業者雙贏。

五、市場競爭必須之作爲

部分競爭激烈的商圈，套餐的規劃乃是配合行銷策略的一種重要措施，以提供消費者較優惠的作法，擴大市佔率。而近年來由於餐飲市場競爭激烈，經濟成長不如預期，套餐的開發因此也更爲白熱化及細膩化，從原本管理面向的思考演變成市場發展及行銷策略的考量。

六、特定時段及特定客層的行銷操作

套餐規劃可結合食材及行銷的考量，於特定時段內經營特定屬性之客層，推廣特定的菜色，強化品牌的能見度及高消費力客群的經營，例如於聖誕節供應的火雞套餐，就可創造話題的傳播，提升餐廳的品牌價值。近年來，則有高檔餐廳與食材商合作，邀請法國米其林主廚前來台灣，以珍貴食材製作限量的套餐，限量供應給地方上有名望之人士，藉此炒作話題。

七、商品之間毛利互補

隨著資訊傳播的進步，市場競爭的激烈，消費者對餐飲商品的通行價格的認知越來越清楚，導致業者即便在成本上漲的情況下，也不敢漲價。因此只好透過套餐的規劃，將高毛利與低毛利的商品組合設計成套餐，以弭補毛利之損失。而將商品重新組合成套

餐之後，則會顯露出更高的商品價值或呈現出超值之感，也可視為一種行銷方式，解決顧客對價格的計較。

在上述目的的考量之下，現在的餐廳在進行套餐結構的規畫時，會以四個基本策略進行操作：

一、規畫時段性套餐

時段性套餐規畫通常會考量商圈客層屬性，例如最常見的商業午餐套餐，就多出現在商辦區中，台北市某家位於黃金商業地段的五星級飯店，甚至推出午間快餐的套餐，以訴求在中午快時段速出餐的角度，爭取更多商務族群對午餐菜單屬性的認知。

二、規畫特殊客層屬性套餐

所謂特殊客層屬性套餐，是跳脫一般以人數、時段作為客層屬性規畫的思考，以特定族群為目的，特別規畫的客製化菜單，例如兒童套餐、素食套餐等；此種套餐的規畫有兩大目的(一)、尊重少數特殊消費族群趨向，取得多數消費者來店；例如一家餐廳未規畫素食套餐，可能會導致一群客群，為尊重其中的少數素食者，而改選其他有供應素食套餐的餐廳，因而流失更多的商機。另外，就行銷策略而言，抓住特殊族群對消費的主導性，取得多數消費者對餐廳的認同，例如兒童往往會主導家庭客用餐的選擇，若能供應兒童喜歡的套餐，將可操作兒童的消費意見，主導大多數的客層來店。(二)、固定消費人數及客單價：若以一個套餐經營形式的餐廳而言，若未規畫兒童套餐或素食套餐，可能需另外製備單點式的餐點供餐，無法提高客單價。更甚者，假設未供應兒童套餐，兒童可能分食大人的餐點，造成有提供一個座位，卻無法得到一個座位效益的營運困擾，若能規畫特殊客層屬性套餐，則能固定該來店所有消費人數之一定客單價。

三、規畫以食材訴求為主套餐

此種食材通常以頂級食材為主，例如西式的黑白松露、鵝肝醬、魚子醬，中式的魚翅、龍蝦、鮑魚、烏魚子等，表現方式為直接在套餐菜單品群中命名，或將頂級食材穿插在菜色中，部分的規畫方式則凸顯於季節性菜單中，例如秋季的大閘蟹；而以食材為主的套餐規畫通常有以下目的：

- (一)、凸顯本餐廳在市場中的領導定位，強調經營者或廚師的非凡品味。
- (二)、創造市場媒體行銷議題，區隔同質性對手。
- (三)、拉高客單價，並掩護較低單價商品，創造回客率提升。
- (四)、位於精華商圈時，刻意經營商務性款待屬性客群。

四、規畫節慶性的套餐

因應節慶消費屬性擴大發展的趨勢，餐廳會在重要節日都規畫有專屬的套餐菜單，例如春節除夕、聖誕節、情人節、父母親節等；表現方式則各有特色，例如情人節菜單以感性浪漫調性為主，並酌量搭配高級飲品。春節除夕套餐則以喜慶吉祥意味為主，食材珍奇，菜色華麗豐富。父母親節則多以健康性食材特色為表現，口味較淡，強調養生。

參、套餐菜單的結構變化

套餐規畫雖成為餐廳營運的基本型態，但其發展，卻是跟整個人類飲食發展史息息

相關，以西式餐點為例，早期的宴會菜單共有 17 道菜色，後來的菜單結構多從此傳統菜單演化而來，並逐步形成今日的套餐發展系統，其演變可參見表 1：²

表 1 傳統菜單與今日套餐發展系統比較表

傳統菜單	簡化之傳統菜單
開胃菜	冷盤開胃菜
湯	湯
蛋	魚
澱粉質食物	冰沙
魚	肉類
前菜-在主菜前上的拼盤	沙拉
冰沙	甜點/咖啡
肉類	
烤肉-主菜	
蔬菜	
沙拉	
冷肉	
甜點	
餐後菜	
乳酪	
水果	
飲料/菸草	

經由上述的轉變過程，以及資訊頻密的交流，目前坊間的套餐菜單發展成下列幾種常見的型態：

一、組合套餐菜單

組合套餐菜單的形式，主要是在套餐型態的框架下，保有部分彈性，提供消費者在有限的菜色中進行選擇搭配。而從餐廳經營的思考來說，基本上是便於在製作出餐流程的控制管理外，也希望消費者能有較多樣化的組合選擇，以增加回客率。然而，就實際上的營運面而言，上述做法還有更深層的商品策略意義，餐廳可在菜單中可穿插帶來利潤的商品，抑或未來有發展潛力的商品進行測試，³並了解銷售的實績，做為未來改善菜單的參考。而組合套餐菜單目前分有兩種形式，一為主菜任選搭配型(詳見表 2)，其次為各項菜色皆能任選搭配型的套餐菜單(詳見表 3)。

² The Culinary Institute of America 原著，孫路弘審譯《菜單設計與成本控制》頁 28-30。(台北市:桂魯有限公司(2013)。

³ 林總著、林雅文譯《在飛機上遇見彼得·杜拉克-真希望開店前就可以知道的事》頁 102-103。台北市:高寶國際有限公司(2012)。

表 2 主菜任選搭配套餐菜單

品嘗菜單
主廚濃湯
凱撒雞肉沙拉
嫩煎雞腿排佐油煎馬鈴薯條 Or 低溫油封里肌肉捲佐蒜香馬鈴薯 Or 香煎鮭魚佐普羅旺斯酸豆橄欖醬 Or 蔚藍海岸橄欖嫩牛小排 Or 爐烤牛小排佐綜合野菇
每日特選甜點
飲品 咖啡 Or 茶

資料來源：新北市林口區某法式餐廳

表 3 各項菜色皆能任選搭配套餐菜單

Classic French 經典法國料理 3 道菜套餐-MOP388 4 道菜套餐-MOP438
Appetizer 餐前小食 (任選以下一款) 三文魚他他、扁豆沙律及香燈油醋汁 烩牛蒡配利哥汁 焗煙肉洋蔥撻配雜菜沙律及法國醋汁 法式芝士火腿小麥班戟配牛油汁
Soup 湯 (任選以下一款) 牛肉清湯配雜菜 椰菜花忌廉湯
Main course 主菜(任選以下一款) 紅酒燴法國雞配甘筍、白菌及洋蔥及寬麵條 香煎多利魚柳配大蒜白酒檸檬牛油汁 蕃茄蒜蓉蕃茜炒田雞腿
Dessert 甜品 (任選以下一款) 士多啤梨巴伐亞配草莓蓉 焦糖蘋果撻配香草雪糕 朱古力泡芙配鮮忌廉及朱古力汁

資料來源：澳門某高級酒店法式餐廳

二、固定套餐菜單

固定套餐菜單目前多使用於特定節日及時段，以及較封閉式屬性的宴客場合(例如國宴)，或者是以特定食材表現為主的菜單規劃。就管理面而言，其主要目的是希望能提前製作準備，便於流程控制，降低服務流程出錯風險。若配合營業的考量，則希望能

快速出餐，提高迴轉率；例如某西餐廳在聖誕節前三天，晚餐時段只供應一種樣式的固定套餐菜單(中午仍正常出餐)，不提供客人有選擇其他菜色的機會，以求在晚上時段能以高翻桌比率以及高單價，創造最大的營業績效，而此種規劃模式可參見表 4。

表 4 固定套餐菜單樣式

極品鮑魚套餐
文思豆腐羹
小籠包
蠔汁珍珠鮑魚
絲瓜老燒蛋
火腿冬菇菜飯
精美甜點

資料來源：台北市某五星級飯店上海菜餐廳極品鮑魚套餐菜單

三、強調屬性的套餐品群規劃

隨著餐飲競爭的日益激烈，也為了能便於營運管理且能提高回客率，套餐菜單在整體菜單中的比例越來越高，以下，介紹數個完善的套餐品群的規劃案例，以讓讀者了解現今餐飲業套餐結構的規畫作法。

(一)、台北市某五星級飯店上海菜餐廳菜單特性要點分析(參見表 5)：

1. 在冬季規劃的「人參不老火鍋」雙人套餐，是一個兼具消費者約會、季節性時感性、體感性等多功能屬性的套餐，且領導性的價格訂立，可彰顯本餐廳的市場定位，又可掩護下列各套餐的定價，使其他套餐看起來相對便宜，強化總體套餐銷售之動能。
2. 就時段性管理而言，午間套餐就有兩種形式，以出餐的時間差異做訴求，滿足商務客的需求。
3. 運用人參、龍蝦、鮑魚等高級食材做為套餐架購的主軸，不僅凸顯本餐廳的領導地位，同時也完整滿足高端客戶的需求。
4. 就消費者屬性而言，整體菜單兼顧素食者及孩童的需求，創造最大的消費市場屬性涵蓋，營業額及客單價也隨之穩定。

表 5 台北市某五星級飯店上海菜餐廳套餐菜單結構

菜單排列順序	套餐命名(內容)	價格(NT)
1	人參不老火鍋 (雙人套餐)	3880
2	午間快餐	1500
3	豪華龍蝦套餐	899
4	極品鮑魚套餐	899
5	午間套餐	1200
6	素食套餐	1200
7	孩童套餐	1000

資料來源：台北市某五星級飯店上海菜餐廳菜單

(二)、桃園縣某中高級社區商圈內鐵板燒餐廳菜單(參見表 6)特性要點分析:

1. 本餐廳以價格策略、食材完整性、客層屬性等要素共構成完整的套餐組合，最大目的是希望在鐵板燒餐廳內有限的座位中，使客單價能較穩定，避免單價過低，影響營業效率。
2. 以單點套餐的食材為基礎，每三至四種食材可加以組合成較高單價的套餐，使客人有物超所值，可超值享受多種菜色之感，為行銷上升級體驗法之運用。

表 6 桃園縣某中高級社區商圈內鐵板燒餐廳套餐菜單結構

菜單排列順序	套餐品群	內容及價格
1	雙人超值套餐	A 套餐 NT \$ 990 (雪花牛排、北海道鮭魚、菲力牛排、大草蝦) B 套餐 NT \$ 880 (無骨牛小排、鱈魚、雞排、大草蝦) C 套餐 NT \$ 770 (菲力牛排、黑胡椒豬排、香煎墨魚、大草蝦)
2	超值套餐	1 號 NT \$ 450 (墨魚、大草蝦、杏鮑菇、牛豬羊三選一) 2 號 NT \$ 450 (美國特級雪花牛排) 3 號 NT \$ 450 (沙朗牛排、大草蝦、杏鮑菇) 4 號 NT \$ 450 (雞排、大草蝦、杏鮑菇) 5 號 NT \$ 230 (杏鮑菇)
3	海陸套餐	1 海陸全餐 NT \$ 520 (草蝦、鱈魚、菲力) 2 海鮮總匯 NT \$ 420 (草蝦、鱈魚、生蠔、墨魚) 3 海陸雞排 NT \$ 420 (草蝦、鱈魚、雞排) 4 海陸豬排 NT \$ 380 (草蝦、鱈魚、豬排) 5 海陸套餐 NT \$ 350 (草蝦、鱈魚、牛豬羊)
4	單點套餐	1 菲力牛排 NT \$ 420 2 無骨牛小排 NT \$ 420 3 沙朗牛排 NT \$ 280 4 鐵板貴公雞排 NT \$ 280 5 黑胡椒豬排 NT \$ 250 6 北海道鮭魚 NT \$ 280 7 冰島鱈魚 NT \$ 280 8 虱目魚肚 NT \$ 250 9 蒜炒三鮮 NT \$ 250 10 香煎草蝦 NT \$ 230 11 美味蠔肉 NT \$ 230 12 鮮炒蝦仁 NT \$ 230 13 檸檬墨魚 NT \$ 230 14 青椒炒牛肉 NT \$ 230 15 蒜炒鮮蚶 NT \$ 230 16 香蒜炒牛肉 NT \$ 230 17 香蒜炒羊肉 NT \$ 230 18 香蒜炒豬肉 NT \$ 230

資料來源：桃園縣某中高級社區商圈內鐵板燒餐廳菜單

(三)、板橋某百貨內法式連鎖餐廳菜單(參見表 7)特性要點分析：

1. 利用有限的菜色，以人數多寡、時段變化、商圈消費屬性等考量點，提供多樣化的套餐組合模式，便於營運管理，強化集客力。
2. 佐以法式餐廳少見的自助式沙拉吧吃到飽的型態，讓消費者有物超所值之感。
3. 將套餐的價格帶放大，便可涵蓋多種屬性的消費者，加上平日午間定價平易近人，入門門檻低，符合商圈屬性，使得給人較高價感受的法式餐廳來客數能較為穩定。另外以分享餐定價方式採多數單位定價法，越多人來消費則套餐客單價越便宜，此兩種價格策略的誘因，則能創造來客數的極大化。
4. 此種套餐品群結構具有十分明顯的時段性管理特色，在平日較冷門時段提供低單價的固定套餐菜單，配合加價購活動以及以周為單位的循環菜單，每日更換菜色，促使消費者有一定的回客率，得以提升營運效率。

表 7 板橋某百貨內法式連鎖餐廳套餐菜單結構

套餐品群	內容及價格
威尼斯走廊套餐	供應時間 周一至周五 11:00-16:30 每日更換菜色 麵包+湯+沙拉+主食 NT \$ 270 甜點+香濃咖啡 or 茶 (+NT \$ 80)
雙人分享套餐	年中慶限時活動 前菜二分 冷盤二分 湯二分 3C 鮮蔬吧(自助式) 主菜排餐二分 甜點二分 香濃咖啡 or 茶 贈葡萄酒及軟性沙瓦一杯 特價 NT \$ 1980 (原價 NT \$ 2730)
主廚推薦套餐	前菜 湯 3C 鮮蔬吧(自助式) 主菜排餐 甜點 香濃咖啡 or 茶 單人獨享 NT \$ 780 雙人分享 NT \$ 1495 三人同享 NT \$ 2185 四人共享 NT \$ 2865 五人(含)以上揪團價每人 NT \$ 702
3C 鮮蔬吧套餐	前菜 3C 鮮蔬吧(自助式) 湯品六選一

資料來源：板橋某百貨內法式連鎖餐廳套餐菜單

(四)、全國性連鎖日式料理餐廳菜單(參見表 8)特性要點分析：

1. 以豬排食材作為菜色主軸進行商品組合，品群特色鮮明，市場區隔度夠。
2. 利用醬料及食材部位分量進行商品品項劃分，以呈現商品多樣化，但後勤管理反而可較簡便。
3. 搭配季節體感及食材套餐，有效增加集客力。

表 8 全國性連鎖日式料理餐廳套餐菜單結構

套餐品群名	價位	主要品項
超人氣組合	NT:430	勝博殿套餐 A
	NT:380	勝博殿套餐 B
自信作	NT:400	千層錦極品套餐 A
	NT:370	千層錦極品組合套餐 B
	NT:340	千層錦極品套餐 C
傳統食譜	NT:350	香潤里脊肉豬排套餐
	NT:280	大 150g 中 100g
繽紛野菜組合	NT:320	酥嫩腰內豬排套餐
	NT:300	大 130g
	NT:280	中 100g
		小 70g
手工漢堡肉	NT:350	繽紛野菜組合套餐 A
	NT:320	繽紛野菜組合套餐 B
主廚推薦	NT:370	手工豬排漢堡肉套餐 A
	NT:340	手工豬排漢堡肉套餐 B
獨特風味	NT:360	元祖香脆豬排卷套餐
	NT:320	薑汁燒肉套餐
	NT:300	蔥花蘿蔔泥套餐
	NT:320	里脊豬排 100g
NT:280	腰內豬排 100g	
NT:280	脆嫩雞排 120g	
兒童餐	NT:320	咖哩套餐
	NT:340	里脊豬排 100g
	NT:300	腰內豬排 100g
季節體感	NT:290	脆嫩雞排 120g
	NT:290	鍋膳套餐
冬季食材限定	NT:290	里脊豬排 75g
	NT:300	腰內豬排 30g*2
	NT:320	名古屋味噌套餐
NT:280	里脊豬排 100g	
NT:280	腰內豬排 100g	
NT:220	脆嫩雞排 120g	
NT:420	兒童咖哩套餐	
NT:499	美肌昆布鍋套餐	
NT:439	日本廣島牡蠣套餐 A	
	日本廣島牡蠣套餐 B	

資料來源：全國性連鎖日式料理餐廳菜單

(五)、台中市公益路巷內住辦商圈的法式料理餐廳菜單(參見表 9)特性要點分析:

1. 以時段性管理搭配升級體驗法作為經營訴求。
2. 每一時段搭配三種價格選擇的開放式銷售法，可便於掌握商品毛利，又可達到商品間彼此掩護的相對性銷售效果。
3. 午晚餐時段的價格帶差異大，套餐主菜又都不同，可涵蓋較多種客層，增加回客率。

表 9 台中市公益路巷內法式餐廳套餐菜單結構

套餐名	價位	主要內容物
精緻午宴	NT:680	麵包、湯品、沙拉、開胃飲品、主菜(香烤鮮蔬雞肉捲佐蒜味迷迭香醬)、特製甜點、飲品
精緻午宴	NT:880	麵包、湯品、沙拉、開胃飲品、主菜(香煎美國嫩肩牛里肌佐紅酒醬)、特製甜點、飲品
精緻午宴	NT:1080	麵包、湯品、沙拉、前菜(奶油天使髮麵佐起士捲)、開胃飲品、主菜(香煎麥年鮮鮭佐白酒醬)、特製甜點、飲品
精緻晚宴	NT:1280	餐前酒、開胃小品、麵包、湯品、沙拉、開胃菜、主菜(慢火香煎櫻桃鴨胸佐香橙醬)、特製甜點、飲品
精緻晚宴	NT:1480	餐前酒、開胃小品、麵包、湯品、沙拉、開胃菜、主菜(紙包羊肩排佐白蘭地酒醬)、特製甜點、飲品
精緻晚宴	NT:1680	餐前酒、開胃小品、麵包、湯品、沙拉、開胃菜、主菜(嫩煎美國沙朗佐綠胡椒牛汁、酥炸裴洛絲明蝦佐辣味粉紅醬)、特製甜點、飲品
精緻蔬食	NT:680	麵包、湯品、沙拉、前菜、主菜(紙包鮮蔬千層佐鮮菇醬)、特製甜點、飲品

資料來源：台中市公益路巷內法式餐廳菜單

(六)、台北市東區巷內的義大利餐廳套餐菜單(參見表 10)特性要點分析

1. 此種套餐品群結構完全針對商圈客群人數屬性為依據進行規畫，是提升著席率並掌握客單價的最佳模式。
2. 搭配使用開放式銷售法。

表 10 台北市東區巷內的義大利餐廳套餐菜單結構

套餐名	價位	主要內容物
個人套餐 A	主餐+80	任選主餐 1 份+湯品 或 沙拉 1 份+飲品 1 份
個人套餐 B	主餐+120	任選主餐 1 份+湯品 或 沙拉 1 份+飲品 1 份+甜點 1 份
雙人套餐 A	NT:680	主餐 1 份(250 元以內)+湯品 或 沙拉 2 份+開胃菜 1 份+甜點 1 份+飲品 2 份
雙人套餐 B	NT:680	主餐 2 份(220 元以內)+湯品 或 沙拉 2 份+開胃菜 1 份+飲品 2 份
四人套餐	NT:1380	主餐 3 份+湯品 4 份+主廚沙拉 1 份+開胃菜 1 份+甜點 4 份+飲品 4 份+雞尾酒 4 份
兒童套餐 A	NT:200	5 吋小披薩 1 份+湯品 1 份+飲品 1 份+甜點 1 份
兒童套餐 B	NT:230	迷你小焗烤 1 份+湯品 1 份+飲品 1 份+甜點 1 份

資料來源：台北市東區巷內的義大利餐廳菜單

肆、套餐菜單發展之趨勢

套餐規劃是餐飲通路品牌發展連鎖時的重要商品策略：例如國內著名的王品集團，旗下所有品牌幾乎皆以套餐規劃為主，主要差異在上餐時之流程，會因客單價及市場定位而有所不同。而日式連鎖餐飲如勝博殿、定食八等品牌也幾乎以套餐作為主要的供餐模式；而這樣「英雄所見略同」全以套餐為主軸的菜單規劃有幾項市場發展上的優點：

- 一、容易制定 SOP 標準作業流程，不論製作出餐及服務流程皆較易進行教育訓練，總體品質得以穩定控制，進而使得展店速度加快。
- 二、菜單簡化後，食材採購較為簡便，可容易以規模經濟效益降低採購成本，使得利潤得以提高。
- 三、便於價格規劃及成本計算，不同的價格線規劃在市場上可涵蓋不同的客層，並易於掌握特定預算的消費客群。

於是在此種管理思維下，套餐菜單不僅成為餐飲集團的主要商品營運策略，為追求市場上的競爭力，更衍生發展出下列更細膩的操作方式：

一、運用開放式銷售法，滿足不同客層的需求

過去單點升級為套餐，通常只有一種選擇，例如某著名的義大利餐廳若要升級成套餐，需加 188 元，即可享有湯品、麵包、前菜、甜點、飲料等五種商品。雖然 188 元可享有 270 元的商品價值，但由於主餐價格帶為 155–220 元之間，此種套餐的訂價水準方式，卻使得部分消費者持有負面的看法：其一；覺得套餐分量太多，且價格太高。其二、若是將單價降低，內容物減少，部分消費者又覺得分量太少，套餐組合內部分的產品屬性並非他想要的，且特別是招待客戶或約會時，又不夠體面大方。在這種狀況下，消費者則必須在點套餐跟不點套餐之間作一選擇，對店家未必有利。也因此，為滿足消費者多元化的需求，開放式的套餐銷售法遂開始盛行，目前規劃方式有下列數種：

(一)、主菜選定後套餐二擇一(見表 11)

表 11 主菜選定後套餐二擇一

項次	內容物
A:主餐+90 元	沙拉 or 主廚濃湯+飲料
B:主餐+180 元	沙拉 or 主廚濃湯+前菜(法式烤田螺或煙燻鮭魚)+飲料+甜點

(二)、主菜選定後套餐三擇一(見表 12)

表 12 主菜選定後套餐三擇一

項次	內容物
主餐+70 元：	湯+沙拉+附餐飲料
主餐+100 元：	湯+沙拉 或 麵包+附餐飲料+甜點任選
主餐+130 元：	湯+沙拉+法式焗田螺 或 手工烘麵包 + 飲料任選+甜點任選

此類型套餐之規畫蘊含著升級體驗法的應用，舉例來說，130 元餐與 100 元套餐最大的差距，在於法式焗田螺這個品項；一般來說，法式焗田螺不論是定位在前菜或開胃菜，市價最少在 90 元一份，如今加 30 元就能品嚐到法式料理，的確讓人有物超所值的觀感。其次，此種規劃方式搭配服務設計還可確保客人點餐率提升及客單價，在過去只有單一套餐選擇時，外場服務人員的問法是：「請問要搭配套餐嗎？」消費者的回答就是「要」與「不要」，如此一來自然無法有效提高客單價。然而若有三種套餐可選時，外場服務人員的問法則可調整為：「請問 A、B、C 三種套餐要搭配哪一種呢？」這樣顧客點套餐的機率自然增加許多，也是開放性銷售法的基本功效展現。

(三)、主菜選定後套餐四擇一(見表 13)

表 13 主菜選定後套餐四擇一

超值套餐 +188 元(原價 274 元)	每日特選濃湯+香酥黃金小牛角+帕瑪森起司烤蕃茄/凱薩沙拉/油醋沙拉/黑胡椒焗烤田螺(四選一)+明治冰淇淋/精選甜點(二選一)+飲品(十選一)
商業套餐 +128 元(原價 224 元) (平日中午限定)	每日特選濃湯+香酥黃金小牛角+沙拉(凱薩醬/油醋醬二選一)+飲品
蔬食套餐 +139 元(原價 214 元)	香酥黃金小牛角+帕瑪森起司烤蕃茄/甜橙素沙拉(二選一)+明治冰淇淋/精選甜點(二選一)+飲品
平價套餐 +99 元(原價 135 元)	每日特選濃湯+香酥黃金小牛角+飲品

此種套餐與前者三選一的最大不同，就是除了開放式銷售法及升級體驗法法應用之外，還考量時段性及素食消費者的屬性，務求把套餐提高客單價的功能性提高到極大化。

二、開發新的時段性套餐，吸引更多消費族群

過去套餐優惠時段多在中午提供，但隨著環境趨勢及生活型態改變，也衍生新的時段性套餐規劃，例如股市封盤時間為下午一點半，遂有餐廳規劃出下午茶套餐，以滿足股票族。而夜生活的盛行及下班時間變晚，則衍生出消夜套餐的形態，這些新時段性的套餐規劃，不僅提升餐廳的營運效率，也替正常時段積蓄不少潛在消費族群。

三、多人份套餐(分享餐)逐漸普遍

過去套餐多為單人份，為因應餐飲環境競爭激烈，開發單人以上的套餐，以提振營運績效的概念遂逐漸普遍。其次，國外多人份套餐(分享餐)的規畫十分常見，此種應用觀念也影響台灣業者；目前坊間多人份以上的類型套餐(分享餐)常見的有雙人、三人、四人、五人、六人、七人、八人、十人數種，以複數類型較為常見。另有一種型態則是套餐為一種固定價格，但限定某範圍內的用餐人數，例如某火鍋店推出中午 998 元套餐，可供 3-5 人食用，即針對其立地位置的商圈辦公族群。至於規劃多人份套餐(分享餐)的好處如下：

- (一)、可提高餐廳著席率；多人份套餐的人次規畫可根據餐廳所設桌型而定，降低空置席次，提高營運效率。例如某餐廳多為雙人桌，規劃雙人、四人、六人、八人、十人等雙數套餐，可機動調整合併座位，將營運效率發揮到最高。
- (二)、提高消費者對本餐廳的屬性需求，當用餐人數符合該餐廳套餐優惠型態時，則較

易挑選該餐廳，目前此種型態以兩大速食餐廳最為健全(可參見表 14 及 15 整理)，而以表 15 肯德基的菜單來說，其又展現兩種特性要點分析：

1. 以有限的特定菜色，加上人數的消費屬性作為主要考量點，搭配部分菜色重疊的模式，提供多樣化套餐組合模式，可涵蓋多種人數組合屬性的消費者，創造來客數的極大化。
2. 搭配節慶時段及促銷活動的考量，靈活運用套餐促銷活動進行集客力的提升。

表 14 麥當勞連鎖速食餐廳套餐結構表

品項名	價格	內容物
麥當勞新年分享餐 (新春限定)	NT:388 (原價:502 起)	9 塊麥克雞塊+4 塊麥脆雞+2 份中薯條+2 份紅豆派+33 元冷/熱飲品 3 杯
麥當勞早安分享餐 (新春限定)	NT:199 (原價:254 起)	經典大早餐主餐 1 份+鬆餅(3 片) 1 份火腿蛋堡 1 份+33 元冷/熱飲品 3 杯
快樂分享餐 A 餐	NT:199	20 塊麥克雞塊+33 元冷/熱飲品 2 杯
快樂分享餐 B 餐	NT:259	6 塊麥脆雞+33 元冷/熱飲品 2 杯
快樂分享餐 C 餐	NT:299	9 塊麥克雞塊+4 塊麥脆雞+33 元冷/熱飲品 3 杯

資料來源：<http://www.mcdonalds.com.tw/#/food/happyssharing2/>

表 15 肯德基連鎖速食餐廳套餐結構表

品項名	價格	內容物
限定節慶日		
A.派對歡聚盒 (適合 5-6 人享用)	NT:749 (原價 885)	12 塊吮指炸雞+2 份小薯+2 份勁爆雞米花(大)+2 份焗烤馬鈴薯塔+1 份德式香腸組合(墨魚香腸*2、羅勒香腸*2、德式燻腸*2)
B. 肯德基吮指派對餐 (適合 3-4 人享用)	NT:529 (原價 563)	6 塊吮指炸雞+2 份小薯+2 份勁爆雞米花(大)+1 份德式香腸組合(墨魚香腸*2、羅勒香腸*2、德式燻腸*2)
C.紐奧良手扒雞派對餐 (適合 6-7 人享用)	NT:899 (原價 1066)	6 塊吮指炸雞+1 份紐奧良手扒雞+2 份小薯+2 份勁爆雞米花(大)+2 份焗烤馬鈴薯塔+1 份德式香腸拼盤(小)
D.18 塊雞派對餐 (適合 8-9 人享用)	NT:1229 (原價 1461)	18 塊吮指炸雞+2 份小薯+2 份勁爆雞米花(大)+4 份焗烤馬鈴薯塔+1 份德式香腸拼盤(小)+1 份墨西哥百匯嫩雞烤餅
E. BBQ 豬肋排派對餐 (適合 9-10 人享用)	NT:1499 (原價 1689)	8 塊吮指炸雞+2 份小薯+2 份勁爆雞米花(大)+4 份焗烤馬鈴薯塔+1 份美式 BBQ 豬肋排+1 份墨西哥百匯嫩雞烤餅+2 份雞米花田園沙拉
F. 雙主菜豪華派對餐 (適合 11-12 人享用)	NT:1999 (原價 2360)	8 塊吮指炸雞+2 份小薯+2 份勁爆雞米花(大)+4 份焗烤馬鈴薯塔+1 份美式 BBQ 豬肋排+1 份紐奧良手扒雞+1 份德式香腸拼盤(大)+2 份雞米花田園沙拉
平日及外送		
饗樂歡聚餐 (適合 8-9 人享用)	NT:999	12 塊吮指炸雞+1 份烤手扒雞+2 份中薯+1 份大雞米花+4 個焗烤馬鈴薯塔+1 份上校雞塊

14 塊雞分享餐 (適合 7 人享用)	NT:789	14 塊吮指炸雞+2 份中薯+ 1 份大雞米花+ 4 個焗 烤馬鈴薯塔+ 1 份上校雞塊
炸烤歡聚餐 (適合 5-6 人享用)	NT:699	1 份烤半雞+ 8 塊吮指炸雞+ 2 份中薯+ 1 份大雞米 花+ 4 個焗烤馬鈴薯塔+ 1 份上校雞塊
呷拉雙拼桶 (適合 5-6 人享用)	NT:699	3 份呷拉雞腿堡+ 6 塊吮指炸雞+2 份中薯+ 1 份大 雞米花+ 4 個焗烤馬鈴薯塔+ 1 份上校雞塊
10 塊雞歡聚餐	NT:549	10 塊吮指炸雞+ 1 份中薯+ 1 份大雞米花+ 4 個焗 烤馬鈴薯塔
墨西哥烤餅歡聚餐 (適合 4 人享用)	NT:489	1 份墨西哥百匯嫩雞烤餅+ 6 塊吮指炸雞+1 份小 薯+ 1 份小雞米花+ 2 個焗烤馬鈴薯塔
紐奧良手扒雞同樂 餐 (適合 3-4 人享用)	NT:429	1 份紐奧良烤全雞+1 份小薯+ 1 份小雞米花+ 2 個 焗烤馬鈴薯塔
8 塊雞歡聚餐	NT:399	8 塊吮指炸雞+ 1 份小薯+ 1 份小雞米花+ 2 個焗烤 馬鈴薯塔
5 塊雞歡聚餐	NT:249	5 塊吮指炸雞+1 份中薯+ 2 個焗烤馬鈴薯塔
紐奧良烤半雞雙人 分享餐	NT:239	1 份紐奧良烤半雞+1 份中薯+ 2 個焗烤馬鈴薯塔
墨西哥烤餅雙人分 享餐	NT:279	1 份墨西哥百匯嫩雞烤餅+2 塊炸雞+1 份中薯+ 2 個焗烤馬鈴薯塔

資料來源：<http://www.kfcclub.com.tw/Menu/Delivery>

- (三)、節省點餐時間；一般餐廳遇到團體客人進來用餐時，往往會因多人點餐而將服務時間拉長，甚至因為猶豫不決更改菜色造成後勤製作的困擾，多人份的套餐不僅可將消費者意見進行整合，異中求同，而固定的價格，也可為請客目的的主人家設想，控制住預算，不至於超支。
- (四)、可讓消費者同時品嚐多樣化菜色，增加用餐時的新鮮感。
- (五)、適應商圈的消費者屬性，例如台北市許多餐廳規劃雙人套餐，就是針對以約會、商務為主的主要族群，而某家位於金融商圈的義大利餐廳，則於例假日整天，供應下表所示的多人份套餐(可參見表 16 整理)，而此餐廳作此種規畫的策略相當明顯，因為金融商圈假日的生意較為冷清，藉由假日此種多人份的優惠套餐規畫，開發出家庭的新屬性客群，並增加回客率。

表 16 台北市金融商圈義大利餐廳的多人份套餐內容表

套餐型態	價格	內容物
4 人份	\$2000	麵包:酥烤手工麵包 沙拉:主廚推薦沙拉 湯:今日公司湯 麵:碳烤雞柳青醬奶油麵 主菜:碳烤紐西蘭肋眼牛排 主菜:香煎多利魚淋紅咖哩奶油醬 主菜:鹽烤嫩雞腿 甜點:綜合甜點拼盤 飲料:咖啡或茶

6 人份.	\$2900	麵包:酥烤手工麵包 沙拉..主廚推薦沙拉 湯湯..今日公司湯 麵麵.香蒜白酒蛤蜊麵 主菜..法式燒烤羊肩排 主菜..碳烤紐西蘭肋眼牛排 主菜..香煎多利魚淋紅咖哩奶油醬 主菜..鹽烤嫩雞腿 甜點..綜合甜點拼盤 飲料..咖啡或茶
8 人份	\$3800	麵包:酥烤手工麵包 沙拉:主廚推薦沙拉 湯:今日公司湯 麵麵..碳烤雞柳青醬奶油麵 麵麵.香蒜白酒蛤蜊麵 主菜..法式燒烤羊肩排 主菜..碳烤紐西蘭肋眼牛排 主菜..香煎多利魚淋紅咖哩奶油醬 主菜..鹽烤嫩雞腿 主菜..德式脆皮豬腳佐酸菜 甜點:綜合甜點拼盤 飲料:咖啡或茶

資料來源：台北市金融商圈義大利餐廳

(六)、加快出餐效率；在套餐型態及菜色內容決定後，可預先進行製作備料，以較快速度進行供餐，並減少缺餐的銷售機會損失。

一、搭配既有套餐規劃，進行加價購的升級行銷活動

此種方法的應用常見於競爭激烈的商圈及不景氣的時候；由於套餐定價已經略低，故利用套餐加升級體驗法的運用，讓消費者覺得可再花一點錢，享受到更好的餐點品質，用以提升客單價。事實上，此種作法還有一種心理效用，就是讓消費者覺得有種佔了雙重便宜的優惠。具體作法舉例如下：

- 優惠套餐：叉燒豬骨湯拉麵+茶飲 特價 199 元
- 另加 20 元 茶飲品可升級為清酒

二、部分品牌因應商圈發展的商品策略

套餐規劃對一般現代化經營的西式餐飲較容易，而對於部分著名的台灣傳統的小吃品牌餐飲而言，編制套餐菜單是他們在邁入高營業成本類型商圈，進行展店規畫時的一種必須性作法，例如在客流量大的著名購物中心或百貨公司美食街，如果照過去以一碗碗或一盤盤低單價的方式出餐，不僅是不符合高成本的銷售作法，對場地管理單位而言，也無法有效發揮坪效、座效及提升客單價。且太低的單價，反倒會影響美食街其他型態店家的銷售，故必須因應此種商圈型態，制定套餐式的菜單，以維持該商圈一定的消費單價。此外，針對客流量特別大的封閉式商圈，部分餐廳甚至只供應以套餐為主的專門假日菜單(詳見表 17)，以便於控制顧客用餐時間及客單價。而此種菜單有兩種特性：

1. 此菜單只準備 20 餘種菜色，其中超過一半以製作速度較快的義大利麵為主，製作速

度較慢的排餐僅有 4 種，以加速翻桌率。

2. 以價格分布來看，平均客單價至少約 350 元左右，確保本店經營有一定的營運效率及收益。

表 17 北部某購物中心內義式餐廳的假日菜單

主要品群	品項數	價格分布(台幣)
義大利麵套餐	13	400 元*2 品項 370 元*1 品項 360 元*2 品項 340 元*2 品項 330 元*1 品項 320 元*3 品項 310 元*1 品項 300 元*1 品項
鐵鍋&焗烤套餐	2	390 元*2 品項 360 元*1 品項 340 元*1 品項
燉飯套餐	2	380 元*2 品項
主廚精選排餐	4	620 元*1 品項 520 元*1 品項 510 元*2 品項
以上套餐含歐式麵包/湯品(2 選 1)/沙拉/義式甜點(4 選 1)/飲料(15 選 1，80 元以下飲品) ● 點套餐加點開胃菜半價優惠		
開胃菜&沙拉	5	85 元*1 品項 140 元*1 品項 150 元*1 品項 180 元*1 品項 230 元*1 品項
義式手工披薩	4	180 元*1 品項 190 元*2 品項 220 元*1 品項
義式甜點	4	90 元*4 品項
飲品		
咖啡	3	80 元*1 品項 95 元*2 品項
果汁	2	80 元*2 品項
茶	10	80 元*10 品項
其他	6	80 元*2 品項 85 元*2 品項 90 元*1 品項 110 元*1 品項

資料來源：北部某購物中心內義式餐廳的假日菜單

三、素食及蔬食套餐規劃已成爲常態

在過去一般餐廳在提供素食者的需求時往往是聊備一格，內容也頗爲單調，自然也

不會對應到素食者的套餐需求。然而時至今日，吃素者越來越多，其消費目的也多從宗教目的，轉移至健康環保理念者居多；甚至原本吃葷者，也會偶而吃素，調節身體的機能。因此，近年來有越來越多的餐廳，不論是中式或西式，皆規劃素食及蔬食套餐，藉由多樣化的內容品項，經營此種新興屬性的客層。

四、兩人套餐大盛行

過去，以兩人為屬性作為商品組合的包裝行銷模式，是起始流行於便利商店業態，然而近年來，特別是都會區型的餐飲業，兩人套餐的商品規劃則是大為盛行；甚至放眼望去在百貨公司類型的封閉式商圈內，幾乎每家餐廳都有兩人套餐的商品規畫。而這樣的趨勢發展，除了總體環境上的少子化因素之外，最主要還是根據約會、商務等用餐屬性所策劃下的結果。而另一背景之因素，也跟餐飲業的經營模式調整有關；過去餐廳桌型多以四人桌為主，因此優惠行銷方式就跟著四人桌型為主，以提升著席率。但對消費者而言，湊成四人來用餐消費畢竟比較困難，因此許多業者才順應潮流，將兩人的消費屬性作為行銷主軸。再者，這幾年的行銷思考也由所謂的兩人經濟學(也就是兩個人點餐比較划算，甚至有折扣優惠的做法)，轉為吃得較豐盛且價位較高的兩人目的型饗宴，這些背景因素遂促進了兩人套餐快速發展。下面就介紹數種近年來餐飲界很流行兩人份套餐規劃型式：

(一)、情人節雙人套餐

以表 18 所示之菜單為例，其特性要點分析如下：

1. 情人節雙人套餐屬於節慶菜單型式，聖誕節等菜單亦有此類似規劃；此種菜單的特色是食材等級高，當然也由於約會屬性的關係，單價也高。
2. 由於節慶風氣盛行，部分等級較高及人氣餐廳，甚至在節慶當日只供應節慶套餐菜單的菜色，使得日營業額都能屢創新高。

表 18 台北市某四星級飯店西餐廳限量情人節雙人套餐

3000 元限量情人節雙人套餐
紅酒
+
香煎北海道大干貝(二份)
+
馬賽海鮮湯(二份)
+
炙燒鮪魚芒果莎莎無花果沙拉(二份)
+
酥炸龍鬚麵明蝦(二份)
+
義式野菇燉飯(二份)
+
有機梅子冰沙(二份)
+
主菜(三選二)
燒烤迷迭香芥菜法式羊排
香煎牛肝菌圓鱈佐薑汁咖哩醬汁
炭烤紐西蘭菲力牛排
+
雪藏雙味巧克力
+
咖啡/紅茶

資料來源：台北市某四星級飯店西餐廳情人節套餐菜單

(二)、開放式二人套餐(二選一)價格不同

以表 19 所示之菜單為例，其特性要點為兩個套餐價格不同，讓客人以二選一的方式，做出最符合自己預算之選擇。而定價模式則分別採取尾數定價法及整數定價法，而價格不同之目的是希望訂價較高的整數定價法套餐，在相對性上能使得尾數定價法的套餐看起來較便宜。

表 19 某泰式料理餐廳二人特選佳餚

998	1280
辣炒打拋豬	涼拌海鮮
紅咖哩椰汁雞	清蒸檸檬鱸魚
香茅辣拌松阪豬/涼拌青木瓜	牛肉炒芥藍/辣炒打拋豬
清蒸檸檬鱸魚/月亮蝦餅	月亮蝦餅/紅咖哩椰汁雞
飲料甜點乙份	飲料甜點乙份

資料來源：新北市某泰式料理餐廳菜單

(三)、開放式二人套餐(二選一)價格相同內容物不同(參見表 20)

以表 20 所示之菜單為例，其特性要點為：

- 1、本菜單價格相同，但在主菜份量及菜色種類上做區隔調整，較能因應女性及約會屬性的消費需求。
- 2、固定價格較便於營運管理。

表 20 台北市東區某義大利餐廳雙人套餐菜單

		內容物
雙人套餐 A	NT680	主餐 1 份(250 元以內)+湯品 或 沙拉 2 份+開胃菜 1 份+甜點 1 份+飲品 2 份
雙人套餐 B	NT680	主餐 2 份(220 元以內)+湯品 或 沙拉 2 份+開胃菜 1 份+飲品 2 份

資料來源：台北市東區某義大利餐廳菜單

伍、結 論

從上述綜合整理可以發現，台灣套餐菜單已邁入多元化之發展趨勢，並考量商圈屬性，搭配價格及內容物、用餐人數等諸多元素進行調整，以求發揮最大的營運效應。而此種風潮，也逐步擴散開來，特別是當百貨公司及購物中心調高美食街的營運面積之後，套餐菜單的盛行勢必成爲一種趨勢。

- 然而，套餐規劃固然有便於管理的問題，但在實際營運時，也會面臨以下的挑戰：
- 一、由於餐飲市場發展迅速，競爭對手不僅變多，發展型態也多元化，導致消費者求新求變，喜好體驗新菜色，因此當套餐菜色更換速度不夠快時，消費者會因爲失去新鮮感，而導致回客率降低，甚至會因爲網路傳播的話題性減少，難以進一步開拓新客源。
 - 二、套餐發展趨勢雖開始讓消費者有選擇的空間，但畢竟餐點可供挑選的方向還是有所侷限，當消費者發現其中有他不想食用料理時，會因爲退此餐點所引發的價格折讓

要求而造成爭議，雖然在實務做法上會站在顧客立場從寬處理，但也會造成在營運上的不便與紛爭。

最後，從本文整理中可發現，過去餐廳的套餐規畫較為單調，但為適應商圈環境，提高市場競爭力，現今各餐飲店的套餐商品結構已經越趨完整，以滿足不同消費者的需求，如果業者能持續掌握趨勢，適時調整套餐菜色，勢必能延展品牌壽命，創造營運的佳績，解決套餐營運上的負面問題。

參考文獻

- [1] The Culinary Institute of America 原著，孫路弘審譯(2013)。菜單設計與成本控制。台北市:桂魯有限公司。
- [2] 高琦、蔡曉娟(2012)。菜單設計與成本控制。新北市:揚智文化事業有限公司。
- [3] 劉念慈、董希文(2010)。菜單設計與成本分析。新北市:前程文化事業有限公司。
- [4] 吉田文和著，蕭雲菁、許倩珮譯(2007)。餐飲店成功創業聖經。台北市:台灣東販出版社。
- [5] 林總著、林雅文譯(2012)。在飛機上遇見彼得·杜拉克-真希望開店前就可以知道的事。台北市:高寶國際有限公司。
- [6] 永瀨正人著，蔣佳珈譯(2012)。人氣居酒屋主廚菜單 200。新北市:瑞昇文化事業有限公司。

品牌體驗與產品涉入對顧客滿意之影響： 零散型產業為例

Effects of Brand Experience and Product Involvement on Customer Satisfaction: An Empirical Study of the Fragmented Industry

黃禎豐¹

Chen-Feng Huang

凱麗乾洗總經理

huang177@ms24.hinet.net

林東正²

Tung-Cheng Lin

台北護理健康大學副教授

蘇聖珠³

Sheng-Chu Su

華夏技術學院副教授

摘 要

有鑑於過去對品牌體驗的研究多以知名品牌或大企業為例，鮮少探討中小企業，因此本研究嘗試以零散型產業為例，探討品牌體驗對顧客滿意之影響，並探討產品涉入之調節影響。本研究以零散型產業中的多店或是小型連鎖店之服飾清潔保養業的消費者為探討對象，經由問卷調查，實證結果發現：消費者的品牌體驗對顧客滿意有顯著正向影響，產品涉入對品牌體驗與顧客滿意關係有顯著且正向的調節影響。

關鍵詞：品牌體驗、顧客滿意、產品涉入、零散型產業

Abstract

Consumer brand experience is critical for developing marketing strategies for goods and services. Most studies analysis the brand experience of famous brands and enterprises. Does brand experience affect consumer satisfaction directly in small and medium-sized enterprises of fragmented industry? The study examines the factors improve the consumer satisfaction in small and medium-sized enterprises of Cleaning & Laundry Service industry one of the fragmented industry. This empirical study conducts a questionnaire for the consumers of Cleaning & Laundry Service industry. This research found that brand experience had positively effect on consumer satisfaction and product involvement also had modulating effect on the relationship between brand experience and consumer satisfaction.

Keywords: brand experience, customer satisfaction, product involvement, fragmented industry

壹、研究動機與目的

隨著各行各業的競爭愈顯激烈，使得市場價值的創造也逐漸由產品與廠商為中心的觀點，快速轉移為以消費者為中心的體驗觀點(Prahalad & Ramaswamy 2004)。在體驗經濟當道的氛圍中，如何透過品牌以傳遞產品或服務的核心價值，並尋求消費者的認同，實為重要的研究議題。然而過去對品牌體驗的研究多以大企業為探討對象，對於以中小企業為主體的零散型產業(fragment industries)是否存有品牌體驗之價值，相當值得進一步深入研究。

零散產業(fragment industries)是指產業中有許多相互競爭的公司，卻沒有一家擁有足夠的市場佔有率，並對該產業有重大的影響力(Porter, 1980)。零散產業中的服飾清潔保養業，競爭格外激烈，連帶使得經營績效普遍不理想，近年來更由於景氣低迷，消費緊縮，使得台北市服飾清潔保養業家數，由民國89年的1500家驟降至目前民國100年的700家左右。體驗行銷不僅可用於開發產品並與顧客溝通，也可改善顧客之間的關係(Schmitt 1999)，因此零散產業如果能採用體驗行銷觀點，並強化品牌體驗與顧客滿意，應可對零散產業中企業帶來突破困境的商機，所以本研究嘗試以零散產業中的服飾清潔保養業為對象，探討：

1. 品牌體驗與顧客滿意之間的關係。
2. 產品涉入是否會干擾品牌體驗與顧客滿意之間的關係。

貳、文獻探討

一、零散產業

Porter(1980)指出零散產業是產業中中小型公司充斥，有許多公司競爭，卻沒有一家擁有足夠的市場佔有率(指在產業內排名前四大業者，即使全部加總後，整體市場佔有率也常常未能超過四成)，並且能夠對產業具有重大的影響力。形成零散產業的原因很多，Porter(1980)認為可分為「經濟理由」及「非經濟理由」，如進入障礙較低，且在企業的主要業務活動領域（製造、行銷、配銷或研究），缺乏明顯的規模經濟或學習曲線現象。

零散產業在美國或其他國家經濟體的許多領域，處處可見，包含了三級產業，Brown, Chui & Manyika (2011)指出健康照護、製造業及配銷業便是常見的事業領域。零散產業可藉由差異化等策略，以提昇收益，此外如果能讓零散產業進行產業整合，將可大幅提昇整體報酬(Hill & Jones, 2001)。

二、品牌體驗

Holland (1998)認為體驗是任何事物記憶的基礎，因此對品牌而言，必須靈活運用感性與感官的體驗力量，以強化消費者對品牌的記憶。Padgett & Allen (1997)將服務體驗定義為伴隨一個特定服務事件而來之認知、情感與行為的反應，因此顧客的服務體驗包括發生在服務消費過程的行為、思考與情感。Pine II & Gilmore (1998)認為體驗是個人的，只有顧客在感性、實體、知性、精神上的參與情況下，才得以存在，並依據顧客參與和吸收/浸入程度兩構面，將體驗分為娛樂、教育、逃避主義及美學等四個類別。

Schmitt (1999) 提出「策略體驗模組」(strategic experiential modules) 將體驗分為：

感官體驗(Sense Experience)：訴求五種感官的知覺刺激，提供美學的愉悅、興奮、美麗與滿足，創造感官衝擊，打動消費者；情感體驗(Emotional Experience)是訴求顧客內在的情感與情緒，範圍由溫和正面心情到歡樂與驕傲的強烈情緒，其大部分自覺情緒是在消費期間發生；思考體驗(Thinking Experience)訴求的是智力，目的是用創意的方式使顧客創造認知、與解決問題的體驗，主要是經由驚奇、引起興趣，挑起顧客的思考。品牌體驗是指當消費者暴露在各種特定相關品牌的刺激，如品牌識別顏色 (Bellizzi & Hite 1992)、形狀(Verzyer & Hutchinson 1998)、字體及背景設計元素(Mandel & Johnson 2002)等品牌相關刺激時，對消費者內心的反應。

三、顧客滿意

Wong (2000) 指出顧客整體滿意是情緒上的一種感覺狀況，其評價程度之高低，受使用效果的影響。Kotler(1999)認為顧客滿意會產生再購意願與愉悅感，而提高對品牌的忠誠度。當商品成熟度越來越高的情況下，往往造成銷售率降低，使得企業逐漸重視顧客滿意，以鞏固原有顧客創造口碑來提升或確保市場的佔有率，因此Naumann et al. (2001)進一步指出顧客滿意是未來十年中企業的重要策略及課題之一。

四、產品涉入

Warrington & Shim (2000)認為「涉入」是一個從低到高的連續帶，個別消費者對於不同產品和不同的購買情境，會呈現不同的「涉入」程度。Knox & Walker (2003) 認為「涉入」會影響消費者在選擇產品和品牌時的決策過程，而消費者對於產品和品牌的「涉入」程度，將會影響對產品資訊的蒐集程度以及品牌的忠誠度。

Bennett et al. (2005)曾分析消費滿意度和涉入對品牌忠誠度的影響，研究結果發現消費者滿意度和涉入，對品牌忠誠度的影響強度，將隨著顧客對購買服務的體驗水準而改變；在高風險的產品知覺下，涉入對品牌忠誠度的影響效果，將會比消費者滿意度對更品牌忠誠度的影響效果更大。Bennett et al. (2007)更以服務業為實證對象，探討消費者涉入程度與滿意度對品牌忠誠度之影響，研究發現消費者涉入的程度是決定品牌忠誠度之重因素，而且若消費者之購買程序屬於高度涉入時，產品涉入會影響品牌涉入，兩者進而再影響品牌忠誠度。

參、研究方法

一、研究假說與研究架構

品牌體驗是消費者內心的反應（感覺，感情，認知）和行為反應，被相關品牌的刺激誘發；由於消費者對品牌體驗的反應不盡相同，因此有些消費者的品牌體驗會比其他更為強烈且正面，但有些人的體驗可能是負向的。此外，有些品牌體驗是自發的短暫反應，但有些人可能會出現長期或更刻意的反應。隨著時間的推移，這些長期持久的品牌經驗，儲存在消費者的記憶，應該影響消費者的滿意度和忠誠度 (Oliver1997)。Brakus et al. (2009)更進一步指出品牌體驗會直接或間接的透過品牌個性之聯想，進而影響顧客的滿意度和忠誠度。因此本研究提出假說如下：

H1:品牌體驗對顧客滿意有正向影響。

Schmitt (1999)認為體驗包括感官體驗、情感體驗、思考體驗、行動體驗與關聯體驗

等五種體驗，並認為感官體驗能增添產品的功能價值，Gobe (2001)指出提供消費者品牌之感官體驗是獲致值得記憶之感性連結的關鍵，Haeckel (2003)發現許多零售業使用音樂(感官體驗)，以創造品牌與消費者之間的感性連結。因此本研究提出假說如次：

H1a:感官體驗對顧客滿意有正向影響。

情感體驗是經由提供情感刺激，以形成消費者對品牌產生愛意(Schmitt, 1999)，情感體驗也能捕捉消費者情愫，並為消費者注入特定生活型態概念，將有助於建立長期品牌關係(Gobe, 2001)。適當的情感體驗可以強化與顧客的連結，因此Dick & Basu (1994)指出愈正面的感性情緒與情感時，品牌承諾程度愈高。Fournier (1998)認為情感體驗將顯著影響品牌關係強度。消費者對品牌的承諾往往也意味著滿意該品牌的產品，因此本研究提出以下假說：

H1b:情感體驗對顧客滿意有正向影響。

Schmitt (1999)認為行動體驗大多源自於品牌與消費者之公開互動，面對面之互動是高度感性之重要成因。Schmitt (1999)更進一步指出透過行動體驗，將誘發消費者的承諾與忠誠。因此本研究提出以下假說：

H1c:行動體驗對顧客滿意有正向影響。

Ellwood (2002)認為思考體驗可讓消費者與品牌產生連結；想像是另種思考方式。Schau (2000)也曾指出想像能提供消費者自我表達的連結，而有助於形成消費者與品牌間的關係。此外Cliffe & Motion (2005)認為可以透過提供讓消費者感到驚奇的創意，而可進一步發展出與消費者間的感性連結。由於透過創意的提供等方式，讓消費者有思考體驗，並強化與消費者間的連結，因此提出以下的假說：

H1d:思考體驗對顧客滿意有正向影響。

關連體驗是消費者與所處的群體或社會網絡對某品牌的共同體驗程度與關連，Escalas & Bettman (2003)指出當社群使用品牌時，消費者將傾向使用該品牌，而Lawler & Yoon (1996)也曾認為社會網絡的體驗將形成獨特的群體生活體驗，進而產生感性的依戀。因此透過個人與所屬的群體對某品牌的共同連結將可以更加強化品牌與消費者間的關連，所以提出以下假說：

H1e:關聯體驗對顧客滿意有正向影響。

Warrington & Shim (2000)涉入是一個從低到高的連續帶，個別消費者對於不同產品和不同的購買情境，會呈現不同的涉入程度。而Knox & Walker (2003)認為涉入會影響消費者的決策過程，並影響資訊蒐集的程度與品牌的忠誠度。因此本研究提出以下的假說：

H2:產品涉入調節品牌體驗對顧客滿意有正向影響。

綜合前述研究假說，本研究架構如圖3.1。

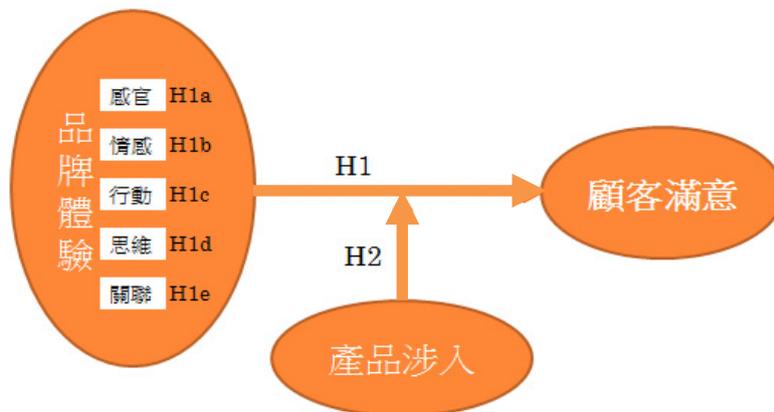


圖3-1 研究架構圖

二、研究變數定義與衡量

本研究研究變數共有：知覺體驗、情感體驗、行動體驗、思考體驗、關聯體驗、顧客滿意及產品涉入等七個構念，各構念定義與主要參考文獻如表3-1。

表3-1 衡量構念定義

構念	定義	參考文獻
感官體驗	訴求五種感官的知覺刺激，以提供愉悅、興奮及滿足等感受並創造感官衝擊	Brakus et al. (2009)
情感體驗	藉由誘發顧客內在的情感，讓顧客感受到不同的情緒反應	Brakus et al. (2009)
行動體驗	是影響身體的有形體驗，生活型態與互動以豐富顧客生活，著重於影響顧客的行為與生活方式，展現其自我觀感與價值觀。	Brakus et al. (2009)
思考體驗	藉由驚奇、引起興趣等方式，引發消費者思考，以提供顧客認知與解決問題的等體驗	Brakus et al. (2009)
關聯體驗	個人與他人、群體、社會或是文化產生關聯，提供顧客身份地位及歸屬感的認同感受	Brakus et al. (2009)
顧客滿意	顧客對某產品、服務或品牌的整體滿意，是情緒上的一種感覺狀況	Wong(2000)
產品涉入	個人般自身、產品、消費情境或其他因素影響，而感受事物對己身的重要性與攸關性	Knox & Walker (2003)

四、研究範圍與對象

本研究以零散行產業中的服飾清潔保養業為研究範圍，並以具有品牌之多店(二店

以上)或連鎖店之現有消費者為研究對象。囿於人力、預算等限制，以大台北都會地區為主。經由台北市公會資料庫中選取約150家小型連鎖品牌，依店鋪店數、型態篩選出符合之業主或店家，經由人員拜訪，委由願意配合之業主或店長，採用便利抽樣方式協助邀請消費者填寫問卷。

五、問卷信、效度

本研究經由預試，就感官體驗、情感體驗、行動體驗、思考體驗、關聯體驗、顧客滿意及產品涉入等七個構念進行信度分析，結果顯示，各個構念的Cronbach's α 值依序為0.783、0.775、0.775、0.775、0.771、0.776 及0.789，信度皆在0.7 以上，符合具高信度之判斷準則 (Cronbach's α 值大於0.7)。此外個構念題項均選自相關文獻，如感官體驗、情感體驗、行動體驗、思考體驗及關聯體驗等五個構念參考Brakus et al. (2009)量表，顧客滿意參考Wong(2000)，產品涉入參考Knox & Walker (2003)，因此具備內容效度。

肆、資料分析

一、品牌體驗與顧客滿意

為了探討品牌體驗與顧客滿意間的因果關係，針對品牌體驗與顧客滿意進行迴歸分析，結果發現品牌體驗對顧客滿意有正向且顯著的影響 ($\beta=0.635, p=0.00$)，因此研究假設1成立。

由於「品牌體驗」對「顧客滿意」有顯著影響，故再針對「品牌體驗」中的各構念：「感官體驗」、「情感體驗」、「行動體驗」、「思考體驗」及「關聯體驗」對「顧客滿意」之影響，進行檢定。

研究結果發現「感官體驗」對顧客滿意的標準化迴歸係數 (β) 為0.221，t值為2.292 ($p=0.024$)，達統計顯著水準，表示「感官體驗」對顧客滿意具正向且顯著影響，因此，H1a 成立。「情感體驗」對顧客滿意的標準化迴歸係數為0.373 ($p=0.002$)，顯示「情感體驗」對顧客滿意亦具有正向且顯著影響，因此，H1b 成立。「行動體驗」對顧客滿意的標準化迴歸係數為0.003 ($p=0.974$) 顯示「行動體驗」對顧客滿意雖有正向影響，但未達統計顯著水準，因此，H1c 不成立。「思考體驗」對顧客滿意的標準化迴歸係數為-0.045 ($p=0.664$)，顯示「思考體驗」對顧客滿意不具有顯著影響，因此，H1d 不成立。「關聯體驗」對顧客滿意的標準化迴歸係數為0.271，($p=0.003$)，顯示「關聯體驗」對顧客滿意具有正向且顯著影響，因此，H1e 成立，詳如表3.1。

表3.1 研究假說一迴歸分析

假說	自變數	未標準化係數		標準化係數	t	p
		B	標準誤	β		
假說1	品牌體驗	.201	.024	.635	8.339	.000
假說1a	感官體驗	.361	.157	.221	2.292	.024
假說1b	情感體驗	.413	.126	.373	3.263	.002
假說1c	行動體驗	.004	.107	.003	.033	.974
假說1d	思考體驗	-.072	.165	-.045	-.436	.664
假說1e	關聯體驗	.234	.077	.271	3.047	.003

二、產品涉入對品牌體驗與顧客滿意關係之影響

爲了探討產品涉入對品牌體驗與顧客滿意間關係的調節，本研究再次進行迴歸分析，除「品牌體驗」爲自變數外，額外加入「品牌體驗」*「產品涉入」，以探討交互效果。分析結果顯示整體模式之F值爲38.021(p= 0.000)，R²爲0.427，顯示具有不錯的解釋力。此外品牌體驗產品涉入之標準化係數爲0.293(p=0.041)，顯示產品涉入對品牌體驗與顧客滿意間確實存有顯著的調節效果，因此研究假說二獲得支持。

表3.2 研究假說二迴歸分析

自變數	未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
	B	標準誤	β		
品牌體驗	0.121	0.045	0.383	2.682	.009
品牌體驗*產品涉入	0.003	0.001	0.296	2.070	.041

伍、結論與建議

一、研究結論與討論

本研究經由以零散型產業中的服飾清潔保養服務業之消費者爲探討對象，探討品牌體驗、滿意度和產品涉入的影響，研究結果發現：

1. 品牌體驗對顧客滿意具有顯著的正向影響。Oliver(1997)認爲長期持久的品牌經驗，會儲存在消費者的記憶，並影響消費者的滿意度和忠誠度，並會反應在消費者對日後相關行銷刺激之反應，因此研究發現與相關理論吻合。
2. 產品涉入對品牌體驗與顧客滿意間確實存有調節效果。本研究之研究對象爲服飾清潔保養業的消費者，因此對服飾清潔保養有一定的認知或是對洗衣品質相當在意的消費者，如果能加強這些消費者對品牌的體驗，將可更強化顧客滿意。
3. 感官體驗對顧客滿意有正向顯著關係：因此如果店家能強化文宣及店鋪設計，或是當衣物清潔保養後所呈現的感官感覺，能讓消費者明顯留下愉悅、開心滿意的感覺記憶，對於消費後的滿意度將有正向顯著的影響。
4. 情感體驗會正向顯著影響顧客滿意：因此如果能爲消費者注入特定生活型態概念，或是透過門市人員傳遞感性情愫予消費者時，將有助於與消費者建立長久的關係。
5. 關連體驗對顧客滿意有正向且顯著關係：由於多數消費者會選擇就近的乾洗店送洗，所以在下班時或是晚餐後到店送洗，常因爲時段接近，或是順道送洗親友衣物，因此如果能夠強化與消費者所屬的社會網絡之連結，並透過適當的口碑相傳，亦有助於顧客滿意的提升。

此外本研究實證中發現行動體驗與思考體驗對顧客滿意並無顯著影響。就行動體驗而言，或許因爲行動體驗大多源於品牌與消費者之公開互動，因此面對面之互動是高度感性之重要成因(Schmitt 1999)；然而本次實證對象爲服飾清潔保養業之消費者，業者並無特別的行銷規劃與設計，因此無法創造更多的互動與參與。就思考體驗而言，需提供消費者驚奇之創意，方能使消費者有特別感受，並發展出感性連結(Cliffe and Motion 2005)，

因此可能是因爲業主與在與消費者接觸的過程中，由於接觸時間不長，以致無法提供消費者有用的資訊或思考所致。

二、管理意涵

在管理實務方面，策略的抉擇對零散型產業之組織績效特別重要(Dess, 1987)。目前台灣零散型態的服飾清潔保養業，產業內競爭格外激烈，在如此競爭激烈景氣不佳的時局，業者對建構品牌形象、強化教育訓練、改變店鋪視覺整體CI設計以及調整相關感官元素之投資，往往籌躇不前。

本研究證實發現，零散型的服飾清潔保養業中的品牌體驗會影響消費者滿意；此外在產品涉入愈高的情況下，獲得越多的品牌體驗時，將產生越高的滿意度。因此對於現階段多店或是小型連鎖的業者而言，如果能投入較多的資源改善店鋪視覺整體企業辨識系統(CIS)設計，強化教育訓練，建構完整的品牌形象，以提升消費者體驗，將可以提高消費者滿意創造營收成長，逐漸擴大服務範圍與企業規模，突破服飾清潔保養業零散型的結構，成爲新興大型連鎖服務產業。

參考文獻

- [1] Bellizzi, J. A., & Robert E. H. (1992), Environmental Color, Consumer Feelings, and Purchase Likelihood, *Psychology and Marketing*, 9 (5), 347-363.
- [2] Bennett, R., Hartel, E. J., & McColl-Kennedy, J. R. (2005). Experience as a Moderator of Involvement and Satisfaction on Brand Loyalty in a Business-to-Business Setting, *Industrial Marketing Management*, 34(1), 97-107.
- [3] Bennett, R., McColl-Kenned, J. R., & Coote, L. V. (2007). Involvement, Satisfaction, and Brand Loyalty in a sSmall Business Services Setting, *Journal of Business Research*, 60(12), 1253-1260.
- [4] Brakus, J. J., Schmitt, B. H., & Zarantonello, L. (2009). Brand experience: what is it? How is it measured? Does it affect loyalty?. *Journal of Marketing*, 73(3), 52-68.
- [5] Brown, B., Chui, M., & Manyika, J. (2011). Are You Ready for the Era of 'Big Data'?, *McKinsey Quarterly*, 4, 24-35.
- [6] Cliffe, S. J., & Motion, Judy. (2005). Building Contemporary Brands: A Sponsorship-Based Strategy, *Journal of Business Research*, 58, 1068-1077.
- [7] Dick, A., & Basu, K. (1994). Customer Loyalty: Toward an Integrated Conceptual Framework, *Journal of Academy of Marketing Science*, 22, 99-113.
- [8] Ellwood, I. (2002). *The Essential Brand Book: Over 100 Techniques to Increase Brand Value*. UK: Kogan Page.
- [9] Escalas, J. E., & Bettmann, J. R. (2003). You Are What They Eat : The Influence of Reference Groups on Consumers' Connection to Brands, *Journal of Consumer Psychology*, 13(3), 339-348.
- [10] Fournier, S. (1998). Consumers and Their Brands: Developing Relationship Theory in Consumer Research, *Journal of Consumer Research*, 24, 343-373.
- [11] Gobe, M. (2001) *Emotional branding: The New Paradigm for Connecting Brands to People*. NY: Allworth Press.
- [12] Haeckel, S. H. (2003). How to Lead the Customer Experience, *Marketing Management*, 12, 18-23.
- [13] Hill, C. W., & Jones, G. R. (2001). *Strategic management theory*. Houghton Mifflin.
- [14] Holland, J., (1998) *Emergence: From Chaos to Order*. Mass: Addison-Wesley.
- [15] Lawler, E. J., & Yoon, J. K. (1996). Commitment in Exchange Relations: Test of Theory of Relational Cohesion, *American Sociological Review*, 89-108.
- [16] Mandel, N., & Johnson, E. J. (2002). When Web Pages Influence Choice: Effects of Visual Primes on Experts and Novices, *Journal of Consumer Research*. 29, 235-45.
- [17] Oliver, R. L., Roland, T. R., & Sajeew, V. (1997). Customer Delight: Foundations, Findings, and Managerial Insight, *Journal of Retailing*. 73, 311-336.
- [18] Padgett, D, & Allen, D. (1997). Communicating Experiences: A Narrative Approach to Creating Service Brand Image, *Journal of Advertising*. 26, 49-62.
- [19] Paxton, P., & Moody, T. (2003). Structure and Sentiment: Explaining Emotional Attachment to Group, *Social Psychology Quarterly*. 66(1), 34-47.
- [20] Pine, B. J., & Gilmore, J. H. (1998). Welcome to the Experience Economy. *Harvard business review*. 76, 97-105.
- [21] Porter, M. E. (1980), *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*, NY: Free Press.
- [22] Prahalad, C. K., & Ramaswamy, V. (2004). Co-Creation Experiences: The Next Practice in Value Creation, *Journal of Interactive Marketing*. 18(3), 5-14.

- [23] Schau, H. J. (2000). Consumer Imagination, Identity, and Self-Expression, *Advances in Consumer Research*. 27, 50-56.
- [24] Schmitt, B. H. (1999). *Experiential Marketing: How to Get Customers to Sense Feel Think Act Relate to Your Company and Brands*, NY: The Free Press.
- [25] Veryzer, Jr, R. W., & Hutchinson, J. W. (1998). The Influence of Unity and Prototypicality on Aesthetic Responses to New Product Designs. *Journal of Consumer Research*, 24(4), 374-385.
- [26] Warrington, P., & Shim, S. (2000) An Empirical Investigation of the Relationship between Product Involvement and Brand Commitment, *Psychology and Marketing*. 17, 761-782.
- [27] Wong, A. (2000), Integrating Supplier Satisfaction with Customer Satisfaction, *Total Quality Management*. 11, 826-829.

融入社會網路感知與同儕協助於自我調整學習 系統之研究

The investigation of integrating social network awareness and peer
assistances into the system of self-regulated learning

林建偉¹

Jian-Wei Lin

健行科技大學國企系

助理教授

jwlin@uch.edu.tw

莊育詩²

Yuh-Shy Chuang

健行科技大學國企系

助理教授

呂慈恩³

Tzu-En Lu

健行科技大學國企系

助理教授

摘 要

現有的自我調整學習系統多著重在提供學習者為中心的環境。這些系統讓每位學生獨自經歷以下階段，包括：自行設定學習目標與計畫、完成學習任務、自我檢討與自我反思。目的是藉由重複地循環這些階段以訓練學生的自我調整學習行為。然而，由於在過程中沒有外在支持或同儕協助，學生在經歷幾次循環之後，往往不易堅持下去完成這些階段，影響訓練與學習成效。本研究利用社會網路感知來支持自我調整學習的訓練。藉由了解同儕的社會、知識與學習活動脈絡來促進彼此溝通機會，並透過相互協助做為學習的鷹架，來維持學生的學習動機，提升訓練效果。本文進一步比較所提出的自我調整學習系統(實驗組)與傳統的自我調整學習系統(對照組)。結果顯示，實驗組與對照組在期中考成績上，並無顯著差別；且兩組在期中考前，學生的總登入次數與總停留時間，也並無顯著差別。然而，實驗組的期末考成績顯著高於對照組，且在期中考與期末考期間，實驗組學生的總登入次數與總停留時間也都顯著高於對照組。最後再經由觀察實驗組內的同儕互動情形，可以看出所提出的方法的確有助於提升訓練與學習成效。

關鍵詞：社會網路感知、同儕協助、自我調整學習、學習鷹架、線上評量

Abstract

Most existing systems of self-regulated learning focus on the provision of learner-centered environment. These systems leave students alone to experience the following stages, including self-setting learning goals and plans, performing learning tasks, self-reviewing and self-reflection. The aim is to train student behavior of self-regulated learning though cycling these stages repeatedly. However, without external supports or peer assistances during the process, a student often hardly persists in carrying on these stages after experiencing several cycles. Thus, this affects the training and learning effectiveness. This research uses social network awareness to support the training of self-regulated learning. This work maintains student learning motivation and improves training effectiveness by being aware of peer contexts of social, knowledge and learning activity to promote the opportunity of peer communication and using peer assistance as learning scaffolding. This paper further compares the proposed system of self-regulated learning (experiment group) with the traditional system of self-regulated learning. The results show that there is no significant difference on midterm score between experiment group and control group. Before midterm, both groups have no significant differences on student total access time and total retention time. However, the mean score of final term of experiment group is significantly higher than that of control group. During the period between midterm and final term, both means of student total access time and total retention time of experiment group are significantly higher those of control group. Finally, through observing peer interactions inside the experiment group, the proposed method, indeed, is conducive to improve training and learning effectiveness.

Keywords: social network awareness, peer assistance, self-regulated learning, learning scaffolding, online assessment

壹、介紹

自我調整學習(Self-Regulated Learning; SRL) 與學習成就有顯著的相關性(Narciss, Proske, & Koerndle, 2007; Schunk, 1994)。一個具有自我調整學習的學生能夠設定任務導向且適當的學習目標，對自己的學習負責，維持自己的學習動機 (Heikkilä & Lonkab, 2006; Wang, 2011)。然而，僅有少部分的學生擁有自己學習調整的能力，進而從中獲得最大的學習效果(Azevedo & Cromley, 2004; Hadwin & Winne, 2001)。在數位學習的虛擬環境中，學生更必須具有高度的自我調整學習能力且獨立自主，否則其學習效果將會不佳 (Azevedo & Cromley, 2004; Wang, 2011; Kauffman, 2004)。亦即，學生如果不懂得使用自我調整學習的行為，例如認知策略與後設認知技巧，其在此虛擬環境中的受益將會減少(Azevedo, Cromley, & Seibert, 2004)。

因此，有研究已經提出方法來訓練學生的自我調整學習行為(AL-Smadi & Guetl, 2011; Hadwin & Winne, 2001; Hwang, Chu, Chen, Wang, Tseng, & Hwang, 2007; Shih, Chen, Chang, & Kao, 2010; Wang, 2011)。然而這些研究主要著重在提供學習者為中心的環境。亦即，學生必須獨自經歷以下階段，包括：自行設定學習目標與計畫、完成學習任務、自我檢討與自我反思。目的是藉由重複地循環這些階段以訓練學生的自我調整學習行為。然而，由於在過程中沒有外在支持或同儕協助，學生在經歷幾次循環之後，往往不易堅持下去完成這些階段，影響訓練與學習成效。Pintrich (2000)指出學生只有在具有動機及持續於學習活動的情況下，才會有效執行自我調整學習行為。因此，如何讓學生具有高度動機與持續於學習任務是一個十分重要的方向，讓學生能自動自發地使用自我調整學習行為 (Wang, 2011)。若有外在環境的刺激或同儕的協助，學生更容易反思自己的學習狀況，同時訓練過程中當遇到挫折與問題時，透過同儕的協助，更能夠激勵與鷹架(Scaffold)學生的學習，持續於自我調整學習的訓練。McLoughlin and Lee (2010)指出鷹架的提供不再僅侷限於專家，已經延伸到同儕所提供的互動與協助。

然而為提升社群內成員間相互互動與協助的機會，成員應該要先了解社群內的社會網路資訊 (Cadima, Ferreira, Monguet, Ojeda, & Fernandez, 2010)。社會網路感知(Social Network Awareness; SNA)主要是用來了解社群成員間的學習與社會脈絡，同時已經被用來當作提升同儕間互動與合作的一個重要的方法(Cadima et al. 2010; Cho, Gay, Davidson, & Ingraffea, 2007; Cross, Parker, & Borgatti, 2002; El-Bishouty et al., 2010)。相互深入了解彼此，除了對學習動機有正面的影響，同時也可以引導學生在學習上反思 (DiMicco, Hollenbach, Pandolfo, & Bender, 2007; Rozendaal, Minnaert, & Boekaerts, 2005)。

因此，本文提出利用社會網路感知來支援自我調整學習的訓練。藉由了解同儕的社會與學習脈絡來增加同儕相互協助的機會，彼此合作學習做為學習的鷹架，將這些融入於自我調整學習訓練的過程中。本文進而建立系統，稱為 Self-regulated learning with social network awareness and peer assistance (SRL-SNAPA)。最後比較 SRL-SNAPA(實驗組)與傳統 SRL(對照組)兩系統，在學生的學習成就上，是否有顯著的差別。另外，比較兩組在學習行為模式上，是否有顯著的差別。最後，描述學生在所提出的系統(實驗組)的互動情形。

貳、相關文獻

一、自我調整學習

如果老師可以找到合適的方法訓練學生的自我調整學習，學生的自我調整學習可以被提升，同時也可激勵他們使用自我調整學習(Wang, 2011)。Zimmerman (2000)也提出自我調整學習的能力可以被教導。因此，有研究已經提出數位學習環境來訓練學生的自我調整學習行爲(AL-Smadi & Guetl, 2011; Hadwin & Winne, 2001; Hwang et al. 2007; Shih et al., 2010; Wang, 2011)。例如：AL-Smadi and Guetl (2011) 提出一個可以自動產生形成性評量的系統架構來支援學生的自我調整學習。從教材中，產生評量的內容，包括題目、選項與參考答案。然而僅靠評量的內容很難去激勵學生去培養自我調整學習的能力。Hwang et al. (2007) 提出一個電腦輔助的自我調整學習系統，以期建立學生的自我調整學習能力。此研究主要提供自我調整學習分數，供學生個人反思自己的學習過程與結果。此分數的計算是基於學生的信心(confidence)、調整性(regularity)、與自主性(spontaneity)。

注意的是，大部分的自我調整學習相關研究皆採用 Zimmerman 所提出的周期模式(Dabbagh & Kitsantas, 2012; Hwang, 2007; Shih et al., 2010)，如圖一所示(不包含兩個深灰色紅字的區塊，此兩區塊是本文新增功能)。一個循環包括三個階段：事先考慮階段(Forethought phase)、實行階段(Performance phase)與自我反思階段(Self-reflection phases)。事先考慮階段包括設定目標與計畫；在實行階段，學生經由老師課堂上的講解學習一個單元。結束之後，老師實施一個評量，學生得到學習成果。接著進入自我反思階段，包括學生審視學習進度、評估學習成果、與解決學習上所遇到的問題。學生反覆地經歷這三個階段(數個循環)直到達到所訂立的學習目標，如此無形中即培養學生的使用自我調整學習的習慣。例如：Hadwin and Winne (2001) 利用 Zimmerman 的模式，提出一個電子筆記本的線上系統，稱爲 CoNoteS2，來提升學生的自我調整學習能力。透過此系統，學生可以(1)了解學習任務，(2) 設定個人學習目標與計畫，(3) 記錄筆記與複習教材，(4) 審視與追蹤過去學習紀錄。Shih (2010) 也提一個自我調整學習的系統，允許學生設定個人目標、設定個人學習行程、審視與回顧過去的學習活動與紀錄。

然而，以上的相關的研究都是著重在提供一個以使用者爲中心的學習環境。換言之，學生必須獨自且主動去完成線上系統所交付的學習任務。然而沒有外在的協助下，學生很難堅持並成功地完成這些不同的階段與任務，尤其在經歷了多次的循環之後。如此勢必降低自我調整學習訓練的效果。學生需要被激勵與支援尤其在訓練的過程中遇到瓶頸與問題。Azevedo et al. (2004)提出適當的鷹架與外在協助(例如：同儕與老師)有助於提升學生的自我調整學習。Dabbagh and Kitsantas (2012) 也主張當學生在一個有同儕協助的自我調整學習系統中，他們會變得比較有動機與較能夠達到所期望的學習目標，同時也可充實他們的學習經驗。Pintrich (2000)也認爲除了學生的個性外，外在環境的脈絡也會影響學生的自我調整學習。因此外在與同儕的協助，將有助於提升自我調整學習的行爲。

二、社會網路感知

當學習上遇到問題時，學習者往往習慣於尋求同學、同事或朋友等這些管道的協助

(Cadima, Ojeda, & Monguet, 2012)。對大部分的人而言，與其尋求不熟的專家，還是傾向於尋求較熟的朋友或同事協助 (Braun, Schmidt, & Hefke, 2007)。與其追求高品質資訊的管道(例如專家)，學習者往往還是寧願選擇容易取得資訊的管道(例如同學或同事)。Melo (2010)指出這種經由觀察且同儕互動所產生的學習效率，通常是被低估的。另外，Attwell (2007)也提出在正式的工作場合中，經由同儕管道(例如：觀察或尋求同事協助)所學到的知識，可達到工作全部所需知識的 80%。

社會網路感知(Social network awareness; SNA)對於提升同儕間的互動合作與知識分享，是一個有效的策略(Cadima et al., 2010; Cadima et al., 2012; Chen, Hong, & Chang, 2008; Chen, Chen, & Kinshuk, 2009; Dawson, 2008; El-Bishouty, Ogata, & Yano, 2007; Hu et al., 2002; Yang, Chen, Kinshuk, & Chen, 2007)。深入的相互了解同儕的社會脈絡有助於提升溝通機會與富有意義的溝通，達到有效率的意見分享(DiMicco et al., 2007; Erickson & Kellogg, 2000)。社會網路感知可以提升同儕間溝通的動機與機會，進而建構他們的社會網路，藉由親近這些資源，可提高他們在社群中的受益程度(Hu, Kuhlenkamp, & Reinema, 2002)。因此，目前已有線上學習系統提供社會網路脈絡資訊來輔助學習(Cadima et al., 2010; Kreijns, Kirschner, Jochems, & van Buuren, 2007)。例如：El-Bishouty et al. (2007) 提出一個無所不在學習系統，該系統使用一個預測模型，提供社群內合適的候選人名單，供求助者作為尋求協助者的參考。該預測模型主要是基於候選人的專業精熟程度、興趣、所在的實際位置。Yang et al. (2007) 也提出一個 SNA 系統，使用一個預測模型，提供候選人名單供求助者參考。該預測模型是基於同儕間的信任關係與知識程度。信任關係是基於求助者與候選人過去的互動經驗，而知識程度是該候選人在某個專業領域上的精熟程度。Cadima et al. (2010) 提出一個 SNA 系統，期望提升專業社群內知識分享的機會。該系統提供兩種社會網路資訊，一是社群內的社會網路連結(Social network tie)，另一是社群內的互動模式(包括接觸的次數、知識傳遞與接收的次數)。Chen et al., (2008) 也提出一個 SNA 系統，也使用一個預測模型，提供合適的候選人供求助者參考。該模型是基於候選人的社會網路位置(Social network position)以及其與同儕間互動程度。

Kitsantas & Dabbagh (2010) 建議社會網路有助於提升學生的自我調整學習的行為，可以幫助學生反思他們的整體的學習經驗，並於後續的學習活動做出策略調整(Dabbagh & Kitsantas, 2012)。Shea et al. (2012) 也提出在一個線上討論區，若學生常常被同儕詢問或求助，為了協助他人，無形中也增加了學生的責任感，與增強了自我調整學習的行為。因此若提供社會網路感知，將增加同儕間相互協助合作的動機與機會，進而有助於提升自我調整學習的行為。

參、方法論

根據前述相關文獻可以得知，現有的自我調整學習系統多著重於提供以使用者為中心的環境。缺乏同儕的刺激與協助，學生在訓練自我調整學習的過程中，往往較容易缺乏動機並不易堅持。學生需要協助與支持尤其在遇到學習瓶頸與問題時。同儕的支持與協助可以有效的提升學生的自我調整學習 (Azevedo, et al., 2004; Dabbagh & Kitsantas, 2012; Kitsantas & Dabbagh, 2010)。因此本研究在自我調整學習訓練過程中，融入 SNA 與同儕協助的機制。不但建議求助者適合的候選人，同時也顯示其社會網路脈絡供參

考。其目的是，(1) 藉由提供學生同儕的社會與學習脈絡，激勵學生與幫助學生反思；(2) 藉由同儕相互協助與求助，協助學生解決學習上的問題。

雖然 Dabbagh and Kitsantas (2012) 已經使用社會網路平台去支援自我調整學習，然而學生必須利用如 Wikis 或 Blogs，去產生個人額外的合作與分享空間。另外，更重要的是，該研究所提出的架構並沒有實際驗證其效果。

因此除了發展支援社會網路感知的自我調整學習系統(SRL- SNAPA)，本文進一步比較 SRL-SNAPA (實驗組)與傳統 SRL (沒有社會網路感知與同儕協助，亦即對照組)，兩組的學生在學習成就(兩次後測：期中考與期末考)上與系統的使用模式(總登入次數與總停留時間)上，是否有顯著的差別。最後描述學生在實驗組內的互動情形。

一、SRL-SNAPA 與傳統 SRL

基於 Zimmernan 所提出的模式，並參考前面自我調整學習的相關文獻與數位環境，本文設計一般性的傳統 SRL 數位環境。一般傳統 SRL 不包含圖 1 中的兩個深灰色紅色的區塊，亦即原始的 Zimmernan 模式；但 SRL-SNAPA 多了兩個深灰色紅色的區塊，如圖 1 所示，此兩區塊是也就是在 Zimmernan's 的模式中多了社會網路感知與同儕協助功能。兩系統的部分使用者介面是相同的。例如：在事先考慮階段中的設定目標與計畫，兩系統的畫面皆如圖 2(a)所示；在每個單元的評量，兩系統的畫面也皆如圖 2(b)所示，評量題目以多選題為主。接下來分別詳細敘述兩系統的主要差別。

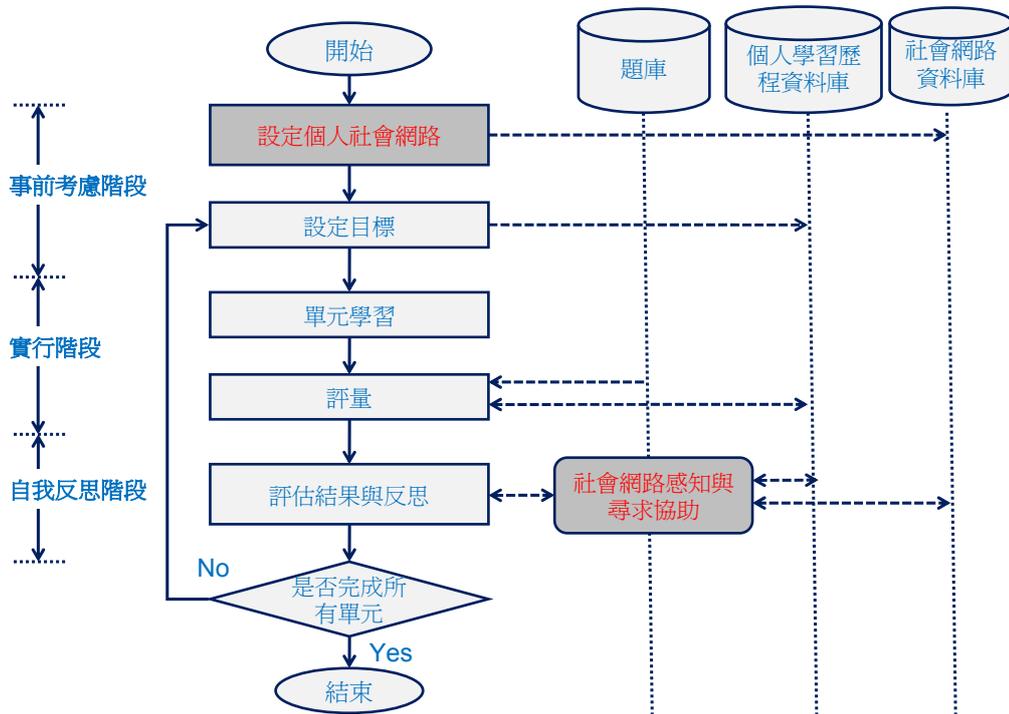


圖 1. 本文所提出的自我調整學習模式

(一)、傳統 SRL

在傳統 SRL 系統中，評量完之後，若學生答錯某題，系統直接顯示正確答案，如圖 2(c)。

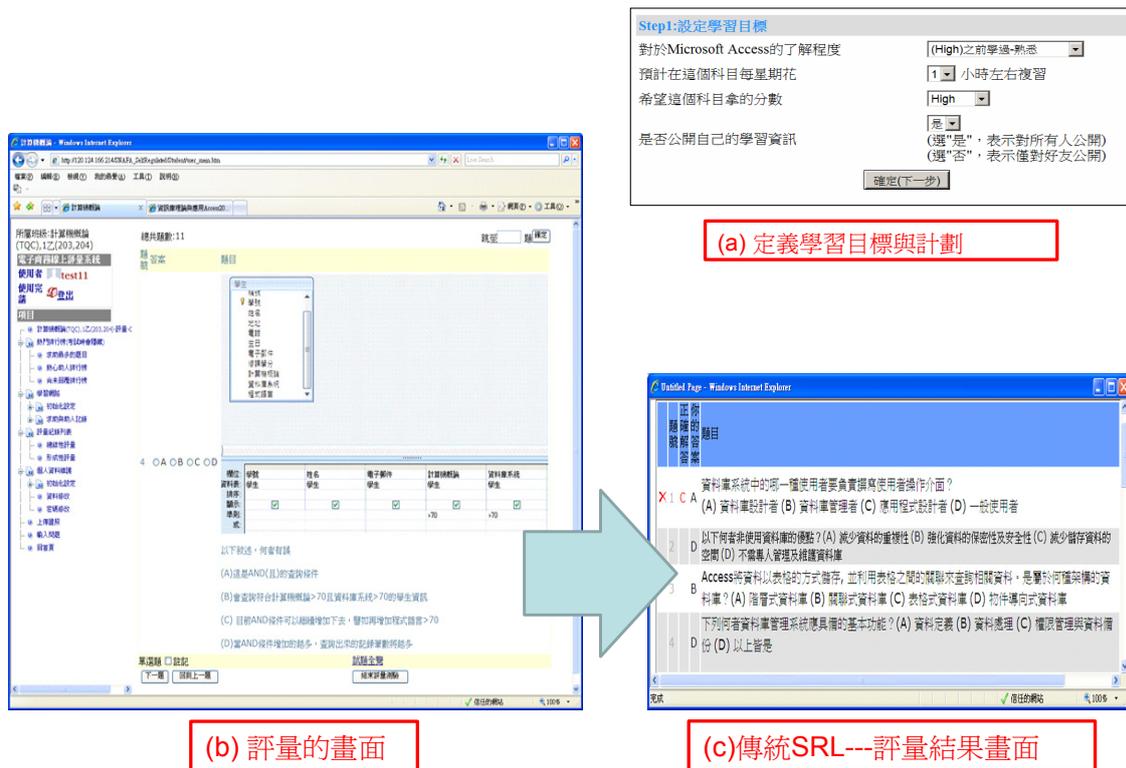


圖 2. (a)設定學習目標與計劃 (a) 評量的畫面；(b) 傳統 SRL 評量結果畫面

(二)、 SRL-SNAPA

SRL-SNAPA 是於一般傳統 SRL 中，融入社會網路感知與同儕協助，整體的概念如圖 1，包含兩個深灰色的區塊(以紅色字表示)。SRL-SNAPA 在事前考慮階段，多了設定個人社會網路，如圖 3(a)；以及在自我反思階段，運用 SNA 與同儕協助，如圖三(c)(d)。

有關個人社會網路，只有當雙方都彼此承認是好友，彼此的才有友誼關係。在系統設計上，當 i 設定 j 為熟悉的朋友時， j 會收到一個確認訊息。當 j 承認此關係，彼此便成為好友，否則便不是。

在 SRL-SNAPA 系統中，評量完之後不顯示正確答案，然而學生可以針對錯誤的題目，按下”尋求協助”，此時顯示候選人與其相關脈絡給學生做參考，如圖 3(b)與(c)所示。這些候選人都是答對該題的同儕。在此，先定義幾個參數如下： C_i 表示第 i 個候選人， M 表示社群中有的成員數， N 表示目前已經做完的評量數目。候選人的相關脈絡包含社會、知識與活動脈絡，細節如下：

- 社會脈絡(Social Context)主要顯示該候選人是否為好友，以及其回覆率(Response Rate)。回覆率代表幫助他人的意願程度。候選人 C_i 的回覆率以 RR_i 表示，定義如下：

$$RR_i = \frac{C_i \text{ 已經回覆的數目}}{C_i \text{ 已經接收到的求助數目}}$$

相較於低 RR 的候選人，較高 RR 的候選人有更高的意願協助他人。

- 知識脈絡(Knowledge Context)主要顯示該候選人對此科目的熟悉程度與知識程度(Knowledge Degree)。熟悉程度即是該候選人之前是否有學過此科目。知識程度代

表目前知識了解的程度，也就是直到目前為止，該候選人在所有評量上的表現。候選人 C_i 的知識程度以 KD_i 表示，定義如下：

$$KD_i = \left(\sum_{j=1}^N C_i \text{ 在第 } j \text{ 次評量答對的題目數} \right) \div N$$

第 j 次評量的題目數

相較於低 KD 的候選人，較高 KD 的候選人至目前為止，有較好的學習成果。

- 活動脈絡(Activity Context)主要顯示該候選人的目標與學習計畫設定、至目前為止在系統上總停留時間(分鐘)與總登入次數、以及目前求助的次數。

學生進而自行選擇向誰求助，並輸入求助訊息，該候選人便會收到求助訊息。當候選人收到求助訊息時，回覆的訊息不應該僅有正確答案，應該是進一步對於求助者是有實質上的幫助。因此學生被建議在回覆求助時，可參考以下原則：(1) 問題的關鍵名詞與概念必須加以解釋，(2) 提供參考資訊(例如：參考課本第幾頁)，(3) 用學生本身的語言來解釋問題與答案(Pear & Crone-Todd, 2002)。當一個請求回覆時，求助者會收到一封系統寄的 email 通知，可連結到回覆內容。學生在登入系統，可以看到自己所有求助的的回覆情形，也可以看到別人提出的求助訊息。

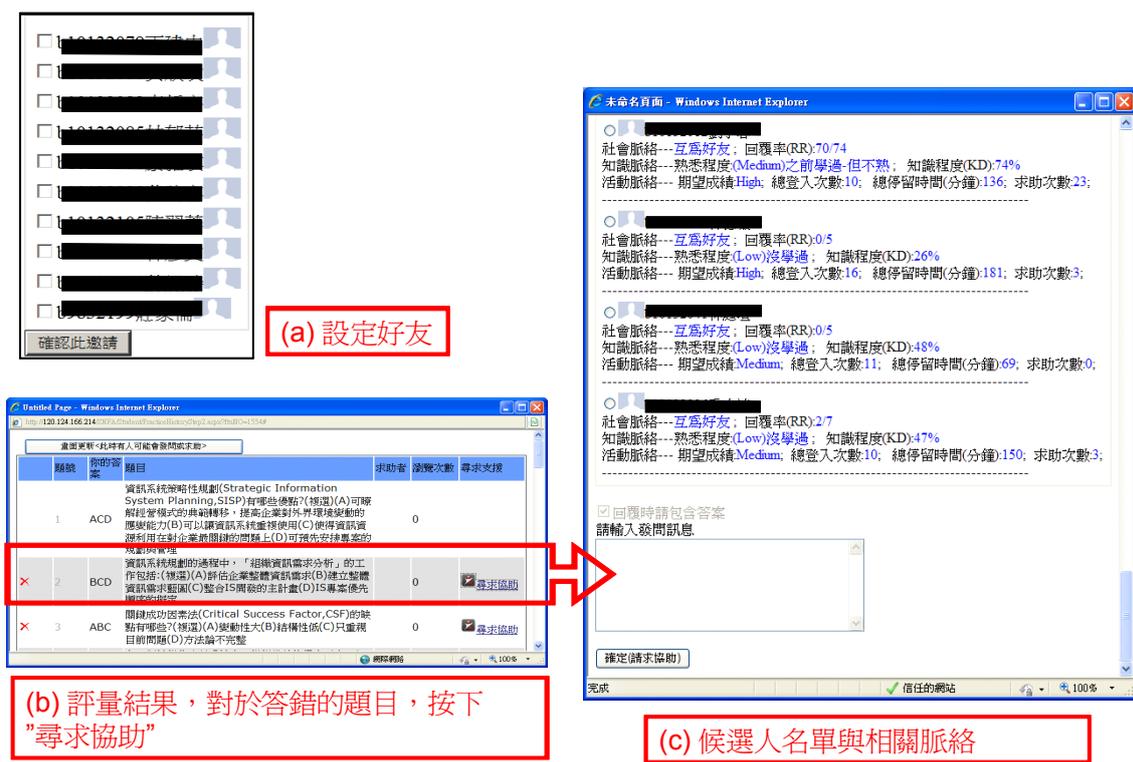


圖 3. SRL-SNAPA 畫面

二、研究設計與流程

本研究將兩個大一的班級分別選為為實驗組與對照組。實驗組使用 SRL-SNAPA 系統，對照組使用傳統 SRL 系統。兩個班各有 57 位學生。在實驗開始前，兩個班級學生分別先註冊個人資料，且利用一個星期的時間去熟悉各自的系統。

實驗課程是“資料庫理論與應用-Microsoft Access 2007”，此課程是教學生資料庫概

念與 Microsoft Access。此課程共有 9 個單元，包括：1.資料庫類型、架構與基本功能、2.基本物件介紹、3.定義與專有名詞、4.實體關聯圖與建立資料表(一)、5.實體關聯圖與建立資料表(二)、6.查詢單一資料表、7.查詢關聯資料表、8.關聯式表單、9.報表。每個單元有一個對應的評量，題目數為介於 10 到 15 題的選擇題。

每個單元的教學是由老師先在教室內面對面教學，該單元教完之後，再讓學生線上接受評量。由於共有 9 個單元，因此實驗需要經歷 9 次 Zimmernan 模式(如圖 1)，每次皆包含三階段。整個實驗歷時 18 周，每周 2 個小時的課程。兩個班級皆接受一樣的上列流程。這樣頻繁的評量與反思將有助於良好學習習慣的養成 (Goda, Matsuda, Yamada, Saito, Kato, & Miyagawa, 2009)。由於兩個班級教學方式與評量方式與次數皆相同，因此不同的系統會是影響學習成效的重要原因之一。

實驗開始前，先對兩個班級實施前測，以測試學生的背景知識。前測的範圍為上述的 9 個單元，為了確保前測的有效性與可靠性，由 18 個學生測試，再根據困難度與鑑別度，刪除不適當的題目，留下 19 題，且其 Cronbach's alpha 為 0.73。

後測(學習成就)分成期中考與期末考，目的在看此兩次的後測的學習成就是否一致。期中考範圍是單元 1 到 4，期末考範圍是單元 5 到 9。兩次後測的題目皆來自上課的內容、教材的內容與評量的內容。後測的題目會根據上述內容做修改，以避免學生死記題目與答案，目的在測試同學是否能理解並運用所學知識。為了確保兩次後測的有效性與可靠性，個別由 17 與 19 位學生測試，之後根據困難度與鑑別度，刪除不適當的題目，分別留下 33 與 35 題作為期中考與期末考，且其 Cronbach's alpha 分別為 0.80 與 0.83。前測與後測的題目皆為選擇題，四個選項只有一個以上正確，不管前測或後測，滿分皆 100 分，典型的題目類型主要為觀念題與圖解題。其中觀念題例如：在 Access 資料表中，設定何種屬性可確保資料表的實體完整性?(A) 資料範圍 (B) 關聯 (C) 主鍵 (D) 資料來源。另外圖解題例如：題目顯示一張選課的實體關聯圖，請問下列敘述何者錯誤?(A)「學生」跟「課程」有「選課」的關係---多對多 (B)「教授」跟「課程」有「開課」的關係---一對多(C)「選課」關係應該建立一個資料表(D)「學生」與「教授」之間的關係---一對多。

肆、結果

兩個系統皆記錄使用者日誌檔，內容包括登入時間、登出時間、IP、停留時間、停留活動(例如：評量、瀏覽等)。利用 SPSS 統計分析結果如下：

一、學習成就比較

首先利用獨立樣本 T 檢定來確認兩個班級在背景知識上是否有顯著差異。結果如表 1，兩個班級的前測沒有顯著差異($t = -0.035, p > .05$)。

表 1. 獨立樣本 T 檢定結果：背景知識

班級	N	Mean	SD	<i>t</i>	<i>p</i>
實驗組	57	36.88	16.00	-0.035	.972
對照組	57	36.98	16.25		

* 在水準 .05的平均數差亦顯著。

接著使用共變數分析(Analysis of Covariance; ANCOVA) 比較兩個班級在學習成就上的差異，將不同班級設為固定因子(Fixed factor)，期中考與期末考的成績分別設為依變數(Dependent variable)，前測設為共變數 (Covariate)。

在進行期中考的共變數分析之前，先進行共變數分析基本假定之檢測，其變異數同質性檢定的 $F = 0.43$ ($p > .05$)，未達顯著水準，符合變異數同質性的假定條件。其迴歸係數同質性檢定的 $F = 0.36$ ($p > .05$)，未達顯著水準，符合組內迴歸係數同質性的假定條件。因此可以進行共變數分析。表 2 顯示，排除前測的影響後，兩個班在期中考成績上未達顯著差異($F=2.85$; $p > .05$)。

表 2. 兩組在期中考上的共變數分析

變數	班級	平均數 ^a	標準誤	F檢定	事後比較 ^b
前測				5.12 [*]	N/A
組別	實驗組	74.34	1.62	2.85	N/A
	對照組	78.22	1.62		

* 在水準 .05的平均數差亦顯著。

^a 使用下列的值評估模型中的共變量：Pretest = 36.93

^b 多重比較調整：最小顯著差異(等於沒有調整)。

同樣地，在進行期末考的共變數分析之前，先進行共變數分析基本假定之檢測，其變異數同質性檢定的 $F = 0.096$ ($p > .05$)，未達顯著水準，符合變異數同質性的假定條件。其迴歸係數同質性檢定的 $F = 3.39$ ($p > .05$)，未達顯著水準，符合組內迴歸係數同質性的假定條件。因此可以進行共變數分析。表 3 顯示，排除前測的影響後，兩個班在期末考成績上達到顯著差異($F=4.03$; $p < .05$)。顯示實驗組的期末成績較對照組好。

表 3. 兩組在期末考上的共變數分析

變數	班級	平均數 ^a	標準誤	F 檢定	事後比較 ^b
前測				10.59 [*]	N/A
組別	實驗組	74.34	1.68	4.03 [*]	實驗組>對照組
	對照組	69.56	1.68		

* 在水準 .05的平均數差亦顯著。

^a 使用下列的值評估模型中的共變量：Pretest = 36.93

^b 多重比較調整：最小顯著差異(等於沒有調整)。

二、系統使用模式比較

首先利用獨立樣本 T 檢定來確認兩組在各自的系統上的使用模式上是有顯著差異，結果如表 4。其中登入總次數是指每位學生登入系統次數的總和，總停留時間是每位學生在每次登入後，在系統停留時間的總和。為防止登入後閒置，使用者在登入後，若超過 5 分鐘沒有動作(沒有移動滑鼠或鍵盤輸入)，系統將顯示提示訊息，若使用者還是沒反應，系統會將其強制登出。

表 4 顯示期中考前，兩組的總停留時間沒有顯著的差異，雖然實驗組平均值(88.00)高於對照組平均值(50.69)；同樣的，兩組的登入總次數也沒有達到顯著，雖然實驗組平

均值(6.15)高於對照組平均值(5.31)。然而，在期中考與期末考期間，兩組的總停留時間達到顯著差異，實驗組平均值(101.70)顯著高於對照組平均值(38.12)；同樣的，兩組的登入總次數也達到顯著差異，實驗組平均值(6.00)高於對照組平均值(4.07)。

表 4. 獨立樣本 T 檢定

			N	Mean	SD	t	p
期中考前	總停留時間(分鐘)	實驗組	57	88.00	179.37	1.56	.121
		對照組	57	50.69	74.103		
	登入總次數	實驗組	57	6.15	8.50	0.71	.481
		對照組	57	5.31	4.18		
期中考與期末考期間	總停留時間(分鐘)	實驗組	57	101.70	198.51	2.35*	.021
		對照組	57	38.12	70.45		
	登入總次數	實驗組	57	6.00	5.43	2.55*	.012
		對照組	57	4.07	2.23		

* 在水準 .05 的平均數差亦顯著。

三、實驗組內觀察與討論

透過 SRL-SNAPA 系統內的日誌檔，表 5 統計出實驗組內的求助訊息發送與回覆。其中，期中考之前共有 26 人發出求助訊息，每個人求助的平均數為 12.15，標準差為 8.66。總共求助訊息為 316，總共回覆數為 235，平均回覆率為 $235/316=74.4\%$ 。期中考與期末考之間有 30 人發出求助訊息，每個人求助的平均數為 17.07，標準差為 15.51。總共的求助訊息為 512，總共的回覆數為 412，平均的回覆率為 $412/512=80.5\%$ 。可以看出人數小幅度的成長，但是每人平均的求助訊息與總共求助訊息明顯提高，平均回覆率也提高。

在實驗開始時，需要一段時間來適應系統環境。經過一段時間，學生經由觀察同儕的社會與學習脈絡、進一步增加了互動與求助的機會，因此在期中考與期末考期間，互動與求助的訊息大幅增加，如表 5 所示。而訊息的回覆率也從 74.4% 小幅提高至 80.5%，學生在開始時也許只是好奇測試求助功能，當同儕回覆時，求助者得到實質上的幫助，基於同理心與互惠報答，學生也逐漸重視別人的求助，登入系統看看是否有同儕求助並回覆，同儕互動增加，系統的登入次數與停留時間也會增多，如此正向循環，學生的受益越來越多。如表 4 所示，在期中與期末期間，實驗組的登入總次數與總停留時間皆顯著高於控制組。同時在實驗組中，在期中考與期末考期間的平均總停留時間(101.70)也高於在期中考前的總停留時間(88.00)。相對的，在對照組中，在期中考與期末考期間的總停留時間與總登入次數，反而皆低於在期中考前的總停留時間與總登入次數。原因之一可能是，剛開始時，對照組的學生可能由於新鮮，因此登入時間與次數較多，然而久而久之，在系統中得到只是制式的題目與答案，因此學生僅登入複習一下評量內容，對於提升學習動機、自我反思與學習成效有限。

在實驗組中，透過觀察同儕的知識與學習脈絡，學生可警惕自己進而學習模仿同儕。另外，從實驗組的資料庫中，可以發現同儕的回覆內容除了同儕對問題與答案的解

釋外，也有一些日常生活的聊天與俏皮的對話(例如：你怎麼都會!!!! 太厲害了)，同時也以一些激勵同儕的文字(例如：我們一起加油吧!!!)。這些非正式的同儕回覆(或回饋)也具有激勵的作用(Marriott, 2009)。

表 5. 求助訊息發送與回覆之統計

	N	Mean	SD
期中考前的求助訊息	26	12.15	8.66
期中考與期末考期間的求助訊息	30	17.07	15.51

最後，在這樣虛擬學習環境中，雖然線上相互討論是主要訊息交換的管道，但是同儕之間仍可能在真實世界中有實際的接觸與溝通(Dawson, 2008)。換言之，我們無法同儕在真實世界中，實際接觸的次數無法得知。這樣的情形或許會影響到實驗結果。然而，兩組(實驗組對照組)都會有這樣的情形發生，因此這樣的顧慮應該可以消除。

伍、結論

本研究利用社會網路感知來支持自我調整學習的訓練。社會網路感知可以促成學習社群的形成，學生由個人的學習空間延伸到社會的學習空間。在自我調整學習訓練的過程中，藉由觀察同儕的社會與學習脈絡來反思本身的學習策略，並透過相互協助與合作做為學習的鷹架，來維持學生的學習動機，提升訓練效果。過程中的自我評估與反思有助於學生調整後續學習策略，近於影響學生的後續學習(Dabbagh & Kitsantas, 2012; Zimmerman, 2000)。本研究歷經了 9 次(9 個單元) Zimmerman 模式的循環，共 18 周的實驗，得到以下結果。在期中考時，實驗組與對照組在學生在學習成就上，並無顯著差別；同時，兩組在期中考前的總登入次數與總停留時間，也並無顯著差別。然而在期末考時，實驗組的學習成就顯著高於對照組，在期中考與期末考期間，實驗組的總登入次數與總停留時間也都顯著高於對照組。在實驗組內，期中考至期末考期間，較期中考前，使用人數、平均求助訊息與訊息的回覆率皆有提升。顯示所提出的方法的確有助於提升學習成效。因此，本文建議老師可參考本文，將社會網路感知融入自我調整學習系統內，提高同儕間相互協助的機會。藉由同儕彼此間求助與協助，可以增加了學生的責任感，並增強了自我調整學習的行為 (Shea et al., 2012)，提高學習成效。或者是直接藉由現成的社會網路平台(例如：臉書或部落格等)，來達到以上的學習效果。

本文實驗證實了加入了社會網路感知，有助於同儕間的互動與 SRL 數位環境的使用率，提高學習成效。因此這樣的環境應更有助於發展出自我調整學習行為。此外，本文對於同儕的回覆內容尚未做深入分析，亦即除了問題與答案的解釋外，非正式的交談與情感上的互動是否也有助於發展出自我調整學習行為，以上這些都需要為未來進一步實證。最後，並非所有學生都會使用求助訊息，是否有哪些因素(例如個人網路中心性的高低或是個人社會網路聯繫程度緊密)會實質影響著社會網路的利用，這個議題也值得作為未來研究的方向。

參考文獻

- [1] AL-Smadi, M. & Guetl, C. (2011). Supporting self-regulated learners with formative assessments using automatically created QTI-questions. *IEEE Conference on Global Engineering Education Conference*, 288 – 294.
- [2] Attwell, G. (2007). The personal learning environments: The future of eLearning? *eLearning Papers*, 2(1), 1–8.
- [3] Azevedo, R., & Cromley, J. G. (2004). Does training on self-regulated learning facilitate students' learning with hypermedia? *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 523-535.
- [4] Azevedo, R., Cromley, J. G., & Seibert, D. (2004). Does adaptive scaffolding facilitate students' ability to regulate their learning with hypermedia? *Contemporary Educational Psychology*, 29, 344–370.
- [5] Braun, S., Schmidt, A., & Hefke, M. (2007). A socially-aware desktop for e-science: Supporting learning in networked scientific processes. In Norbert Gronau (Ed.), *4th conference on professional knowledge management – experiences and visions (WM 2007), workshop on collaborative knowledge management (CoKM)* (pp. 47–54). GITO.
- [6] Cadima, R., Ferreira, C., Monguet, J., Ojeda, J., & Fernandez, J. (2010). Promoting social network awareness: A social network monitoring system. *Computers & Education*, 54(4), 1233-1240.
- [7] Cadima, R., Ojeda, J., & Monguet, J. (2012). Social Networks and Performance in Distributed Learning Communities. *Educational Technology & Society*, 15 (4), 296–304.
- [8] Chen C. M., Hong C. M., & Chang C. C.(2008). Mining interactive social network for recommending appropriate learning partners in a Web-based cooperative learning environment. *IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems*, 642 - 647
- [9] Chen, I. Y. L., Chen, N. S., & Kinshuk (2009). Examining the Factors Influencing Participants' Knowledge Sharing Behavior in Virtual Learning Communities. *Educational Technology & Society*, 12 (1), 134–148.
- [10] Cho, H., Gay, G., Davidson, B., & Ingraffea, A. (2007). Social networks, communication styles, and learning performance in a CSCL community. *Computers & Education*, 49(2), 309-329.
- [11] Cross, R., Parker, A., & Borgatti, S. P. (2002). Making invisible work visible: Using social network analysis to support strategic collaboration. *California Management Review*, 44(2), 25–46.
- [12] Dabbagh, N & Kitsantas, A (2012). Personal Learning Environments, social media, and self-regulated learning: A natural formula for connecting formal and informal learning. *Internet and Higher Education*, 15(1), 3-8.
- [13] Dawson, S. (2008). A study of the relationship between student social networks and sense of community. *Educational Technology & Society*, 11(3), 224–238.
- [14] DiMicco, J., Hollenbach, K., Pandolfo, A., & Bender, W. (2007). The impact of increased awareness while face-to-face. *Human-Computer Interaction*, 22, 47–96.

- [15] El-Bishouty, M. M., Ogata, H., & Yano, Y. (2007). PERKAM: Personalized Knowledge Awareness Map for Computer Supported Ubiquitous Learning. *Educational Technology & Society*, 10 (3), 122-134.
- [16] El-Bishouty, M. M., Ogata, H., Rahman, S., & Yano, Y. (2010). Social Knowledge Awareness Map for Computer Supported Ubiquitous Learning Environment. *Educational Technology & Society*, 13 (4), 27-37.
- [17] Erickson, T., & Kellogg, W. A. (2000). Social translucence: An approach to designing systems that support social processes. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 7(1), 59-83.
- [18] Goda, Y., Matsuda, T., Yamada, M., Saito, Y., Kato, H., & Miyagawa, H. (2009). Ingenious attempts to develop self-regulated learning strategies with e-learning: Focusing on time-management skill and learning habit. *Proceedings from E-Learn 2009*, Vancouver, Canada, 1265-1274.
- [19] Hadwin, A., & Winne, P. (2001). CoNoteS2: A software tool for promoting self-regulation. *Educational Research and Evaluation*, 7, 313-334.
- [20] Heikkilä, A., & Lonkka, K. (2006). Studying in higher education: students' approaches to learning, self-regulation, and cognitive strategies. *Studies in Higher Education*, 31(1), 99-117.
- [21] Hu, B., Kuhlenkamp, A., & Reinema, R. (2002). Supporting group awareness in web-based learning environments. *Lecture notes in computer science*, Vol. 2480, pp. 525-536.
- [22] Hwang, G. J., Chu, H. C., Chen, T. L., Wang, T. T., Tseng, C. R., & Hwang G. H. (2007). The development of a computer-assisted self-regulation system on the Internet. *Chinese Journal of Science Education*, 15(3), 317-334.
- [23] Kauffman, D. F. (2004). Self-regulated learning in web-based environments: instructional tools designed to facilitate cognitive strategy use, meta-cognitive processing, and motivational beliefs. *Journal of Educational Computing Research*, 30(1&2), 139-161.
- [24] Kitsantas, A., & Dabbagh, N. (2010). Learning to learn with Integrative Learning Technologies (ILT): A practical guide for academic success. Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- [25] Kreijns, K., Kirschner, P., Jochems, W., & van Buuren, H. (2007). Measuring perceived sociability of computer-supported collaborative learning environments. *Computers & Education*, 49, 176-192.
- [26] Marriott, P. (2009). Students' evaluation of the use of online summative assessment on an undergraduate financial accounting module. *British Journal of Educational Technology*, 40(2), 237-254.
- [27] McLoughlin, C. & Lee, J. W. (2010). Personalised and Self Regulated Learning in the Web 2.0 Era: International Exemplars of Innovative Pedagogy Using Social Software, *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(1), 28-43.
- [28] Melo, C. A. (2010). Scaffolding of Self-Regulated Learning in Social Networks, M.S.

- Dissertation. Retrieved from http://www.scribd.com/doc/92170260/MELO-C-A-Scaffolding-of-self-regulated-learning-in-social-networking-2010-Dissertacao-Mestrado-em-Ciencia-da-Computacao-Centro-de-Informatica#outer_page_13 (Retrieved July, 2012).
- [29] Narciss, S., Proske, A., and Koerndle, H. (2007). Promoting self-regulated learning in web-based learning environments. *Computers in Human Behavior*, 23(3), 1126–1144.
- [30] Pear, J. J. & Crone-Todd, D. E. (2002). A social constructivist approach to computer-mediated instruction. *Computers & Education*, 38(1), 221–231.
- [31] Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 451–502). San Diego, CA: Academic Press.
- [32] Rozendaal, J. S., Minnaert, A., & Boekaerts, M. (2005). The influence of teacher perceived administration of self-regulated learning on students' motivation and information processing. *Learning and Instruction*, 15(2), 141–160.
- [33] Schunk, D. H. (1994). Self-regulation of self-efficacy and attributions in academic settings. In D. H. Schunk and B. J. Zimmermann, editors, *Self-Regulation of Learning Performance. Issues and Educational Applications*, pages 75–99. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsday, New Jersey, 1. edition.
- [34] Shea, P., Hayes, S., Uzuner-Smith, S., Vickers, J., Bidjerano, T., Gozza-Cohen, M., Jian, S., Pickett, A., Wilde, J., Tseng, C. (2012). Online learner self-regulation: Learning presence, viewed through quantitative content- and social network analysis. Paper presented at the American Educational Research Association annual meeting, Vancouver, Canada.
- [35] Shih, K. P., Chen, H. C., Chang, C. Y., & Kao, T. C. (2010). The Development and Implementation of Scaffolding-Based Self-Regulated Learning System for e/m-Learning. *Educational Technology & Society*, 13 (1), 80–93.
- [36] Wang, T. H. (2011). Developing Web-based assessment strategies for facilitating junior high school students to perform self-regulated learning in an e-Learning environment. *Computers & Education*, 57(2), 1801-1812.
- [37] Yang, S. J. H., Chen, I. Y. L., Kinshuk & Chen, N. S. (2007). Enhancing the Quality of e-Learning in Virtual Learning Communities by Finding Quality Learning Content and Trustworthy Collaborators. *Educational Technology & Society*, 10(2), 84-95.
- [38] Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulated learning: a social-cognitive perspective. In M. Boekaerts, P. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation*. (pp. 13–39). San Diego, CA: Academic Press.

健行科技大學《健行學報》徵稿辦法

92年12月15日92-1-第四次行政會議通過

民國97年9月17日97學年度第1學期第1次行政會議通過修訂

民國97年6月17日97學年度第2學期第6次行政會議修訂通過

民國98年9月16日98學年度第1學期第1次行政會議修訂通過

民國99年9月15日99學年度第1學期第1次行政會議修訂通過

中華民國101年6月13日校務會議通過修訂名稱

- 一、健行學報以鼓勵學術研究，提高學術水準，促進國內外專業知識交流為宗旨，每年出版四期（一月、四月、七月、十月出版），歡迎海內外學界之電資、工程、商管及人文社會學者專家投稿。中文稿件以不超過二萬字為原則，外文稿件不超過二十頁為原則（含摘要、註釋、圖表及參考文獻）；稿件字數過長者，將不予採用。
- 二、本學報刊載未曾出版於國內外刊物或學術會議專集之論著。翻譯文章、專題報導或其他非學術性作品（如隨筆、心得、小說、詩歌、戲劇等），恕不刊載。
- 三、本學報全年徵稿，來稿採隨到隨審，論文稿件由本刊編輯委員會進行初審，通過後係採二階段雙向匿名審查方式，送請兩位相關領域專家審查，其審查名單由編輯委員會推薦。
- 四、論文中牽涉版權部分（如圖片及較長篇之引文），請先取得原作者書面同意，本學報不負版權責任。
- 五、來稿所用文字，以中文、英文、日文為限。
- 六、來稿請用電腦打字（敬請惠寄一份書面稿件及word格式電子檔至本學報電子郵件信箱），頁碼按次序標明，格式如本學報論文排版規定。
- 七、來稿請於首頁註明作者中英文姓名、所屬之機關名稱及職稱、聯絡電子信箱，並附投稿基本資料表。
- 八、凡投稿本學報，應有中、英文題目，並附三百字以內中、英文摘要及中、英文關鍵詞。
- 九、來稿一經刊登，版權即歸本學報所有。凡投稿著作所有列名作者皆同意投稿論文經本學報刊登後，即授權本刊以非專屬授權之方式收錄於電子資料庫中，並得為重製、公開傳輸、授權用戶下載、列印、瀏覽等行為。為符合資料庫之需求，並得進行格式之變更。投稿刊登者，除致贈當期學報乙冊及抽印本五份、單篇刊登論文pdf檔外，恕不另奉稿酬。
- 十、來稿一經送審，除專案簽准者，不得撤稿，非特殊理由而自行撤稿者，除需自付該篇審查費用外，尚需以書面撤稿聲明書提出（掛號交寄本編輯委員會）。審查結果需修正者，作者須於期限內回覆修正稿件及修正說明，逾期視同撤稿。
- 十一、來稿請寄320 桃園縣中壢市健行路二二九號健行科技大學《健行學報》編輯委員會收。聯絡電話：（03）458-1196 轉3315 傳真：（03）428-5319
E-mail: aaoffice.j@uch.edu.tw。
- 十二、本辦法經行政會議通過後，報請校長核定實施，修正時亦同。

《健行學報》編輯委員會 第三十三卷 第三期

預定出刊：中華民國一〇二年七月三十一日

實際出刊：中華民國一〇二年七月十二日

召集人：

紀岍宇

總編輯：

魏素足

編輯委員：

簡澄陞 張嘉強

黃同圳 王 坪

詹益臨 方文昌

王文俊 黃美金

執行編輯：

吳文心

發行者：李大偉

出版者：健行科技大學

編輯者：《健行學報》編輯委員會

地 址：320 桃園縣中壢市健行路 229 號

網 址：<http://www.uch.edu.tw/>

電 話：03-4581196 分機 3315

印 刷：進億彩色印刷有限公司

電 話：03-4251876